Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ярославский государственный технический университет»

Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием

Часть 2

Сборник материалов конференции

Электронное издание

Ярославль
Издательский дом ЯГТУ
2018

© Ярославский государственный технический университет, 2018
ISBN 978-5-9914-0669-7

УДК 378:001.891
ББК 74.58
С30

С30 Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 18 апреля 2018 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]. – Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. – 1189 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Во вторую часть сборника вошли материалы, представляющие результаты научно-исследовательской деятельности студентов, магистрантов и аспирантов в области машиностроения, автоматизации в производственной и непроизводственной сферах, стандартизации, метрологии и сертификации, материаловедения и технологии материалов, инженерно-педагогических дисциплин, строительства и архитектуры, а также управления качеством.

Минимальные системные требования:
PC PentiumIV, 512 Мб ОЗУ, Microsoft Windows XP, Adobe Acrobat Reader, дисковод CD-ROM, мышь

© Ярославский государственный технический университет, 2018

Программное обеспечение:
Microsoft Office Word, Adobe Acrobat

Программное обеспечение для воспроизведения электронного издания:
Adobe Acrobat Reader, браузеры Google Chrom, Yandex

Редакционная коллегия: М.А. Абрамова, Е.А. Вавилова, В.Б. Доброхотов, Т.В. Клюева, А.В. Колобов, Е.Р. Новиков, А.Н. Попков, О.Ю. Соловьева, Л.А. Тюкина, С.В. Шкиотов

Редактор Л.С. Кокина

Инженер по электронным изданиям: Е.В. Александрова

Подписано к использованию/размещению на сайте
17.04.2018/18.04.2018
Объем издания: 23,9 Мб
Комплектация издания 1 CD-ROM

Ярославский государственный технический университет
150023, г. Ярославль, Московский пр., 88
http://www.ystu.ru

Контактные телефоны: 8 (4852) 44-12-70
(4852) 44-68-15

Сборник конференции включает материалы следующих секций:

Часть 1

1. Химия и химические технологии
2. Промышленная экология
3. Физика и математика
4. Энергетические машины и наземный транспорт

Часть 2

1. **Машиностроение**
2. **Автоматизация в производственной и непроизводственной сферах**
3. **Стандартизация, метрология и сертификация**
4. **Материаловедение и технология материалов**
5. **Инженерно-педагогические дисциплины**
6. **Строительство и архитектура**
7. **Управление качеством**

Часть 3

1. Информационные технологии
2. Экономика и управление
3. Гуманитарные науки
4. Переводоведение и лингвострановедение

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «МАШИНОСТРОЕНИЕ».....27

И.И. Верлока, А.Б. Капранова ТРЕХСТАДИЙНЫЙ ГРАВИТАЦИОННЫЙ СПОСОБ СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ КОМПОНЕНТОВ.....27

И.И. Верлока, А.Б. Капранова К РАСЧЕТУ КОЭФФИЦИЕНТА НЕОДНОРОДНОСТИ СЫПУЧЕЙ СМЕСИ ПРИ ГРАВИТАЦИОННОМ СПОСОБЕ ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ.....30

П.А. Яковлев, И.И. Верлока, А.Б. Капранова О ХАРАКТЕРИСТИКАХ НЕРАВНОВЕСНЫХ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕШИВАЕМЫХ ЧАСТИЦ ПО ИХ РАЗМЕРАМ.....33

В.И. Екимова, В.А. Крылова, А.Б. Капранова МЕТОД МОДЕЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПРИ ОПИСАНИИ ПРОФИЛЯ ПОРОЗНОСТИ ДЕАЭРИРУЕМОЙ ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ.....37

Д.А. Ерофеев, А.Б. Капранова О ВЫЯВЛЕНИИ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ФАКТОРОВ ПРИ ВЫБОРЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАПАНА.....40

Д.А. Стрельцова, А.А. Воробьева, А.Б. Капранова К РАСЧЕТУ СКОРОСТЕЙ ЧАСТИЦ СМЕШИВАЕМЫХ СЫПУЧИХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С БИЛАМИ.....43

Р.А. Щербаков, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ДОСТИЖЕНИЯ ЭФФЕКТА ДРОССЕЛИРОВАНИЯ В РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНАХ.....46

С.В. Неклюдов, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев О НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЯХ ЗАДАЧИ ДРОССЕЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ ЖИДКОСТИ В ПРЯМОТОЧНЫХ КЛАПАНАХ.....49

И.В. Иванцов, А.Б. Капранова ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА СЛУЧАЙНОГО ХАРАКТЕРА МОМЕНТА ИМПУЛЬСА ПУЗЫРЬКА ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ.....52

С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В УСТРОЙСТВЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ...55

С.С. Аникеев, С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис К РАСЧЕТУ МОЩНОСТИ ПРИВОДА БАРАБАННО-ЛЕНТОЧНОГО УСТРОЙСТВА.....59

В.А. Стаблецкий, А.В. Лакуцевич, Д.П. Шкудун ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕРЖНЯ В ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ.....63

А.С. Агеев, Н.В. Бадаева МЕТОД ХРУПКИХ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ В ИССЛЕДОВАНИИ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ 68
Д.С. Ильичев, Н.В. Бадаева К РАСЧЕТУ БАЛОК ИЗ РАЗНОМОДУЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 72
А.В. Куликов, Н.В. Бадаева СТАБИЛИЗАЦИЯ “ПАДАЮЩЕЙ” БАШНИ 76
С.В. Корнев, Н.В. Бадаева ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ФУНДАМЕНТОВ 80
О.В. Климова, Н.В. Бадаева СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ.....84
В.А. Буслаев, Н.В. Бадаева ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА 88
К.П. Феньвеши, С.А. Петерсон НАПРЯЖЕНИЯ В ДВУХСЛОЙНЫХ ТРУБАХ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ 93
А.В Шмакова, С.А. Петерсон НАПРЯЖЕНИЯ В САНИРОВАННЫХ ДВУХСЛОЙНЫХ ТРУБАХ ОТ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ 97
К.А. Тарасов, И.С. Шеронина РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В ОБОЛОЧКЕ, ФОРМИРУЕМОЙ ПРИ РЕМОНТЕ ТРУБОПРОВОДА 102
В.В. Баруздин, Д.Д. Нодиршоев, А.В. Печаткин ИНВАРИАНТНЫЙ ИНТЕРАКТИВНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЁТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ДЛЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ 105
В.Б. Ким, И.В. Гребенюк ИЗУЧЕНИЕ ЗАКРЫТИЯ ОСЕВОГО ДЕФЕКТА СЛИТКА ПРИ КОВКЕ ЕГО В БОЙКАХ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ 109
Е.А. Костюничев, К.А. Украженко ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРЦЕВЫХ ФРЕЗ С РЕЗЦОВЫМИ ВСТАВКАМИ.....114
И.А. Лисаков, К.А. Украженко ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАГАЗИНА ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ 117
О.К. Украженко К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ.....121
О.М. Васильченко, А.В. Оборин PPAP КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЯ.....124

А.В. Свешникова, А.М. Шапошников ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ С МЕТАЛЛАМИ 130
А.И. Репина, А.М. Шапошников РАЗРАБОТКА КОРПУСА ДИСКООБРАЗНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ПОВОРОТНЫМ КРУГОВЫМ КРЫЛОМ 135
А.В. Свешникова, А.М. Шапошников ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ С МЕТАЛЛАМИ 139
Н.В. Лыков, О.Н. Калачев, А.А. Кулебякин КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ CNC ГРАФОПОСТРОИТЕЛЯ 144
В.Д. Белимов, О.Н. Калачев МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНООБРАБОТКИ НА СТАНКЕ С ЧПУ В CAD/CAM-СИСТЕМЕИ ЕЕ ВЕРИФИКАЦИЯ В ПРОГРАММЕ VERICUT 148
И.С. Пахолков, И.М. Дресвянин, О.Н. Калачев ОРГАНИЗАЦИЯ ЕИП С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ ЛОЦМАН: PLM 152
Д.В. Попов, И.А. Арефьев ОПЫТ ПЕРЕВОДА ЗАВОДСКИХ СКАНИРОВАННЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ В ВЕКТОРНЫЙ ФОРМАТ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНОГО ДОСТУПА К ДОКУМЕНТАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ PLM-СИСТЕМЫ.....156
Е.И. Елисейкин, О.Н. Калачев ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛИКОНОВЫХ КОМПАУНДОВ И FDM 3D-ПЕЧАТИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 159
А.А. Жаров, О.Н. Калачев ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ CGTECH VERICUT ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ НА СТАНКЕ С ЧПУ 164
А.В. Зуйков, О.Н. Калачев О ВОЗМОЖНОСТЯХ АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИИ AUTOCAD СРЕДСТВАМИ ЯЗЫКА VBA 168
М.О. Киселев, О.Н. Калачев ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УП ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ.....172
А.В. Четверикова, О.Н. Калачев РАЗРАБОТКА ФРАГМЕНТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗМЕРНОГО АНАЛИЗА МЕХАНООБРАБОТКИ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR 176
В.Н. Киселев, И.Д. Кожемякин ПРИМЕНЕНИЕ PLM-СИСТЕМЫ TEAM CENTER ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ 181

Г.В. Алифировец, С.А. Гриневич РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПЛОСКИХ НОЖЕЙ ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКОВ, УПРОЧНЕННЫХ МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ.....187
Д.Л. Болочко ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ РЕФЛЕКТОРНОГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА.....193
В.Т. Швед ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ И ПРЕДЕЛЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ.....199
Т.А. Машорипова ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ПИЛЕНИИ Л-ДСП 206
Я.В. Екимов, А.В. Проворов ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТВОРНОГО КЛАПАНА ЦИКЛОНА РЕАКТОРНОГО БЛОКА УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА.....212
Д.П. Пучек, А.В. Проворов ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ КАТАЛИЗАТОРА РЕГЕНЕРАТОРА УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА 216
Д.В. Федотов, А.В. Проворов ГЕНЕРАТИВНЫЙ ДИЗАЙН ЛОПАТКИ КРИСТАЛЛИЗАТОРА ПАРАФИНА.....220
Д.С. Долгин, Ю.А. Веткин РАСЧЕТ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ВОДЫ И ПОДБОР СТАНДАРТНОГО РЯДА ДЕКАРБОНИЗАТОРОВ 224
А.Р. Минулин, Ю.А. Веткин К ПОДБОРУ КОНСТРУКЦИИ РЕАКТОРА ДЛЯ СИНТЕЗА ОСНОВЫ АЛКИДНЫХ ЛАКОВ 228
М.В. Хренов, Ю.А. Веткин МОДЕРНИЗАЦИЯ АТМОСФЕРНОГО ДЕАЭРАТОРА.....231
Н.С. Еремеев, И.С. Гуданов ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСТУПА ОКРАЙКИ НА НДС РЕЗЕРВУАРА 235
А.В. Седов, И.С. Гуданов О СОЭКСТРУЗИИ КОЛЬЦЕВЫХ ПРОФИЛЕЙ.....239
Н.Д. Тарасов, И.С. Гуданов АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ ПУТЕМ УВЕЛИЧЕНИЯ МЕЖЭЛЕКТРОДНОГО РАССТОЯНИЯ 242
А.Ю. Тимонин, И.С. Гуданов АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ РЕАКЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ УСТАНОВОК АЛКИЛИРОВАНИЯ.....245
А.Д. Башков, А.Е. Лебедев РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ТРУБЧАТОЙ ПЕЧИ ПОДОГРЕВА МАЗУТА 249
Д.Н. Баранов, А.Е. Лебедев РАЗРУШЕНИЕ СТОЙКИХ ЭМУЛЬСИЙ МЕТОДОМ РАСПЫЛЕНИЯ.....253

М.К. Норматов КАВИТАЦИЯ В ВОДЯНЫХ НАСОСАХ И ПУТИ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ 256
Д.В. Стенько, О.Е. Сабиров, В.П. Круглов ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОРЕЗИНИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ НА ВАЛКОВЫХ МАШИНАХ 259
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ К.В. МИНЕЕВ, Е.А. МАХОВА, В.П. КРУГЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ, ДЛИНЫ И СКОРОСТИ ОБРЕЗИНЕННОГО КОРДА В ПРОЦЕССЕ КАЛАНДРОВАНИЯ 264

СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И НЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРАХ» 268

В.С. Толстопятов, Д.И. Абдулназаров, А.В. Печаткин ДУАЛЬНЫЙ МЕТОД ВИЗУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЗКОПОЛОСНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ КОМПЛЕКСНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПЕЧАТНОЙ 3D ЭЛЕКТРОНИКИ 268
А.Е. Гузанова, Н.А. Смирнова, А.Т. Кизимов РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНО-МАГНИТОМЕТРИЧЕСКОЙ АДАПТИВНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ 273
А.С. Захарычев, Ю.В. Васильков АВТОМАТИЧЕСКОЕ ДОЗИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ 276
И.А. Крупнов, Ю.В. Васильков ПРИМЕНЕНИЕ СКАНИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ ОБРЕЗИНИВАНИЯ МЕТАЛЛОКОРДА.....282
А.Д. Поздеев Ю.В. Васильков РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ ЯЧЕЕЧНОЙ МОДЕЛИ 286
А.И. Кубряк, Е.А. Муравьева СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОМЕРНОГО ЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА 290
А.Г. Рыбин, А.Е. Савенко ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬГЕНЕРАТОРАМИ.....294
С.Е. Савенко, А.Е. Савенко ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ ОБМЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МОЩНОСТИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА 297

П.В. Куделин, Г.Г. Вилков АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДЕИЗОПЕНТАНИЗАТОРА УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ 300
Л.П. Пенских, Г.Г. Вилков ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ТОВАРНОГО ИЗОПРОПИЛБЕНЗОЛА.....305
А.Е. Григорьев, О.Ю. Марьясин ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ 310
И.Ю. Неуступов, О.Ю. Марьясин МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ В СИСТЕМЕ ANYLOGIC С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНЕШНЕЙ БИБЛИОТЕКИ JAVA.....314
А.А. Огарков, О.Ю. Марьясин ПРИЛОЖЕНИЕ MATLAB ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ЗДАНИЙ.....318
С.С. Фелисов, О.Ю. Марьясин МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ЗДАНИЙ В MODELICA.....322
О.Н. Дунаева, А.П. Харитонов РАЗРАБОТКА ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МНОГОЗОННОГО ПРОЦЕССА НАГРЕВА ДВИЖУЩЕЙСЯ СРЕДЫ 326
В.Ю. Жарехина, А.П. Харитонов ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ПРОДУКЦИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ЛАКА.....330
С.А. Кравченко, А.П. Харитонов ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАСЧЁТА, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УЧЁТА УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ КАФЕДРЫ ВУЗА 334
Л.А. Кучина, А.П. Харитонов МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛАКА.....338
Д.В. Абрамов, В.Л. Зудин, В.Е. Тюленев МЕТОДИКА УПРОЩЕННОГО РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТА "СОПЛО-ЗАСЛОНКА" 342
Г.В. Белов, В.Л. Зудин, В.Е. Тюленев АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТА "СОПЛО-ЗАСЛОНКА".....347
Г.В. Белов, В.Е. Тюленев ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА SIEMENS MOTOR 1FT6 ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА 352
С.И. Попов, В.Е. Тюленев ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ХОЛОДНОЙ ОБКАТКЕ.....358
А.В. Удачин, В.Е. Тюленев РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ ДЛЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА МАНИПУЛЯТОРА РМ-01.....362

А.А. Соболев, В.Е. Тюленев РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УЧПУ NC-201M 366
А.С. Тимофеев РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ В ОНЛАЙН РЕЖИМЕ НА ОСНОВЕ СИГНАЛОВ ОТ ЦИФРОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ.....370
С.В. Филиппов, А.В. Локтюшев ПРИМЕНЕНИЕ DES-ПОДХОДА К СИНТЕЗУ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЛОГИКИ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ 376

СЕКЦИЯ «СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ».....380

Н.В. Валовень, Е.А. Флюрик АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ БАВ В РАЗЛИЧНЫХ СОРТАХ ГОЛУБИКИ 380
Е.Ф. Кушнер, В.В. Горжанов МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С СТБ ISO 50001 384
П.А. Лазур, С.А. Соловьева РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ УСЛОВИЯМИ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ СТУДЕНТОВ, ОСВАИВАЮЩИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ МАГИСТРАТУРЫ (НА ПРИМЕРЕ ФГБОУ ВО «ЯГТУ»).....388
Н.А.Смирнова, С.А. Соловьева ПРИМЕНЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ ПРОИЗВОДСТВА ШОКОЛАДА.....394
И.С. Черникин, С.А. Соловьева РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА НА ГЕКСАФЕРРИТ БАРИЯ.....398
А.С. Дементьева, Е.П. Кондратьева АТТЕСТАЦИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА СП-01 ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПАДЕНИЯ С ВЫСОТЫ НА ЗАО ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ «ЭМЗ».....402
А.С. Дементьева, Е.П. Кондратьева ПОДГОТОВКА К АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПАДЕНИЯ С ВЫСОТЫ 405
Н.В. Савина, Н.И. Вершинина АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ.....408

А.К. Абрамян, Н.И. Вершинина МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАФЕДРЫ 413
Г.Н. Поварницина, В.А. Иванова АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ 418
В.И. Крюкова, Л.М. Кириллова ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОПАР ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЕЛЬТА-ФУНКЦИИ 423
Т.А. Бахарева, Е.Ф. Трофимов ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ РУКОВОДСТВА ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ.....428
И.Е. Мухаммадеева, П.С. Федорова, Е.Ф. Трофимов АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ САМООЦЕНКИ МЕНЕДЖМЕНТА ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ВНЕДРЕНИЯ СТАНДАРТА ГОСТ Р ИСО 9004-2010.....432
А.С. Богодухова, В.Ф. Ершова, К.И. Порсев СТАНДАРТИЗАЦИЯ В УПРАВЛЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РЕСУРСАМИ ОРГАНИЗАЦИИ 436
Е.Н. Погонышева, К.И. Порсев АНАЛИЗ ИНТЕГРАЦИИ ФОРМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ.....439
Ю.А. Реутова, В.Ф. Ершова, К.И. Порсев ОБ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА..443
П.В. Ермолина, А.А. Чеснокова ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СПРАВОЧНИКИ - СПОСОБ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ 446
Ж.С. Котова, А.А. Чеснокова ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ 450

СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ» 455

А.Д. Лоскутова, А.П. Королев ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА ЖЕЛЕЗО – КАРБИД КРЕМНИЯ 455
А.Д. Лоскутова, М.В. Макарчук ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОМПОЗИТА ЖЕЛЕЗО – КАРБИД ВОЛЬФРАМА 458
Х.Б. Аль Хуссейн, А.Х. Кадум, В.П. Шелохвостов МЕТОДИКА ВВЕДЕНИЯ МАЛЫХ ДОБАВОК В ПОРОШКОВЫЕ СИСТЕМЫ..461
М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА.....464

М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕРМИЧЕСКИ УПОРЯДОЧЕННОЙ СТАЛИ 30ХГСН2МФ 467
М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ВЫСОКОПРОЧНОЙ БРОНЕВОЙ СТАЛИ 470
А.А. Смирнов, Н.И. Вершинина РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА МАРКИ СТАЛИ ИЗ БАЗЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ 473
Ю.А. Тополь, Н.И. Вершинина ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН 476
И.Л. Щелухин, Т.Д. Стоянова ВЛИЯНИЕ КАРБИДНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ 480
И.О. Гурский, А.Р. Самборук ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДНОЙ ТЕРМИТНОЙ СМЕСИ 485
А.А. Жадяев, В.А. Новиков ВЛИЯНИЕ ТИПА ВОССТАНОВИТЕЛЯ В РЕАКЦИИ РАСТВОРНОГО СИНТЕЗА ГОРЕНИЕМ ХРОМИТОВ МЕДИ И НИКЕЛЯ НА ПАРАМЕТРЫ ГОРЕНИЯ И СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ ПРОДУКТОВ 490
А.Д. Рыбаков, Ю.В. Махонина, А.Р. Луц, А.П. Амосов ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФЛЮСОВ NA_3ALF_6 И NA_2TIF_6 НА СИНТЕЗ КАРБИДА ТИТАНА В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ AL-10%TIC МЕТОДОМ СВС.....493
С.И. Шипилов, А.П. Амосов, А.Р. Луц, Е.И. Латухин ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СПЛАВА AL-5% CU-4% NI-10% TIC НА ЕГО СТРУКТУРУ 497
Д.В. Сухов, С.Р. Шехтман ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БИОИНЕРТНЫХ ПОКРЫТИЙ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТОВ.....501
Д. Байдельдинова, Е.А. Сидорина НАНЕСЕНИЕ ОБМАЗОК 505
А.А. Вяткина, Н.В. Косарева ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....508
П.И. Бажанов, З.К. Кабаков МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССООБМЕНА В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ 511
М.С. Басалаева, В.А. Иванова ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МАРОК СТАЛЕЙ В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 515

А.А. Талов, В.А. Алов ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОТЛИВКИ В КОКИЛЕ С РАСПЛАВЛЯЕМОЙ ОБЛИЦОВКОЙ И ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА.....518

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ДИСЦИПЛИНЫ» 522

А.М. Ахмадбеков, С.И. Моднов ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧАЮЩЕГО СРЕДСТВА В КОЛЛЕДЖЕ....522
А.К. Шайдуллаева, С.И. Моднов ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ 525
А.В. Быстрова ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ДЕЛОВЫХ, ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ (ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «В ДЕЛЕ») 529
А.А. Кутузова, А.Н. Исаев ПРОГРАММА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕСТОВ И ОНЛАЙН ТЕСТИРОВАНИЯ INDIGO 533
Е.В. Матвеева, Н.О. Герасимова ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОСОБИЙ (УЧЕБНИКОВ).....536
А.С. Смирнова, Н.О. Герасимова НАЗНАЧЕНИЕ И ПРЕИМУЩЕСТВА ОПОРНОГО КОНСПЕКТА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ 539
Е.И. Шаркова, Н.О. Герасимова ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ТВОРЧЕСТВО ПЕДАГОГА.....541
Д.Н. Смертин, Е.Г. Аккуратов САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА КУРСАНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ 543
Е.А. Евстифеева, А.П. Лушникова, Р.И. Попов, П.А. Иванов, А.В. Филатов ПОВЫШЕНИЕ ТВОРЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА ФИЗИКИ.....547

СЕКЦИЯ «СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА» 552

Е.А. Лебедева, М.А. Фоменко, А.В. Михайлова ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДУХОВНОЙ ЗНАЧИМОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНОГО ПАРКА СЕЛА ВАУЛОВО).....552
А.А. Перфильев, Г.А. Фоменко, К.А. Лошадкин, Э.А. Гоге МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В

РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 558
А.С. Смирнова, А.И Ахременко ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ ОЗЕРА ПЛЕЩЕЕВО 563
Д.А. Травина, А.И Ахременко, Г.А. Фоменко ОСОБЕННОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ПЕРЕСЛАВЛЬ-ЗАЛЕССКИЙ.....567
В.А. Халаки, Г.А. Фоменко, А.Е. Бородкин ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕТСКИХ ИГРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ С УЧЁТОМ РИСКА ЗДОРОВЬЮ ДЕТЕЙ ОТ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ 571
И.В. Цико, К.А. Лошадкин ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ 577
А.Г. Пономаренко, Е.А. Михайлов ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....582
В.А. Богинская, Е.В. Збаранский, Н.Н. Кудряшов ОБЩЕСТВЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....587
Д.С. Григорьева, Т.А. Сиротина ПАТРИК БЛАНК. ОЗЕЛЕНЕНИЕ ФАСАДОВ.....590
Е.В. Данилов, Т.А. Сиротина ГОРОДСКОЙ ДОСУГОВЫЙ ЦЕНТР593
А.Д. Данилова, Т.А. Сиротина АРХИТЕКТУРА ДЛЯ ОБЩЕСТВА 596
К.Ю. Захарова, С.М. Максимов УРБАНИЗМ И ЭМОЦИИ 600
Е.С. Крылова ПРИМЕНЕНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ И ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ В РАМКАХ ПРЕЗЕНТАЦИИ УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ.....604
В.А. Крючкова, Е.В. Синицына АРХИТЕКТУРА В МУЛЬТИПЛИКАЦИИ: ОБРАЗНОЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ.....607
Д.А. Макеева, Е.В. Синицына ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЛЕСОПАРКОВЫХ ЗОН В ЗАРУБЕЖНОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ В СВЕТЕ ЗАДАЧ РЕОРГАНИЗАЦИИ НЕИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ ЛЯПИНСКОЙ ГРЭС Г. ЯРОСЛАВЛЯ.....611
А.А. Мерекин, Т.А. Сиротина АРХИТЕКТУРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ИГРОВЫХ ДВИЖКАХ.....615
А.И. Савчук, Н.Н. Кудряшов РЕВИТАЛИЗАЦИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ 618
Н.В. Смирнов, А.А. Булатова, Н.В. Хомутова РЕНОВАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО ПАРОВОЗНОГО ДЕПО В ГОРОДЕ ДАНИЛОВ 622

А.В. Шишков, Н.Н. Кудряшов КОНКУРСНЫЙ ПРОЕКТ КРУИЗНОГО ТЕРМИНАЛА В СТОЛИЦЕ ПУЭРТО-РИКО 626
Е.Г. Беляев, В.М. Дудин ПРИМЕНЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ 630
М.Н. Гладышева, Н.А. Кудрявцева, В.М. Дудин БОРЬБА СО СНЕЖНЫМ НАКАТОМ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ 635
В.М. Ефимова, Т.А. Верховцева, В.М. Дудин КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОСНОВАНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ РЕМОНТЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ МЕТОДОМ ХОЛОДНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ 638
Ю.А. Комиссарова, А.А. Курныгина, В.М. Дудин ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ 643
Н.А. Кудрявцева, М.Н. Гладышева, В.М. Дудин ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ 647
А.А. Курныгина, Ю.А. Комиссарова, В.М. Дудин ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФРИКЦИОННЫХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ 651
В.А. Буслаев, А.В. Симонова АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАГРУЖЕННОСТИ ПРОСПЕКТА ФРУНЗЕ В ГОРОДЕ ЯРОСЛАВЛЕ 654
А.А. Иванов, А.В. Симонова АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАГРУЖЕННОСТИ ПЕРЕКРЕСТКА МОСКОВСКОГО ПРОСПЕКТА И УЛИЦЫ НЕФТЯНИКОВ 658
О.В. Климова, А.В. Симонова АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАГРУЖЕННОСТИ ЛЕНИНГРАДСКОГО ПРОСПЕКТА В ГОРОДЕ ЯРОСЛАВЛЕ ОТ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ С УЛИЦЕЙ БАБИЧА ДО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ С УЛИЦЕЙ ПАНИНА 662
И.М. Беков, А.А. Игнатьев ОБЗОР МЕТОДОВ УКРЕПЛЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ СЛАБЫХ ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА 666
И.М. Беков, А.А. Игнатьев ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ PLASTIC ROAD 671
М.М. Броян, А.А. Игнатьев МНЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ О ТРОССОВОМ ОГРАЖДЕНИИ 675
А.С. Возженникова, А.А. Игнатьев ЦЕНТРЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ 679

Д.В. Герасимов, А.А. Игнатьев ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОСФОГИПСА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ 685
М.С. Лукьянчикова, Ю.А. Касаткина, А.А. Игнатьев ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОГИПСА В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ 689
Д.В. Герасимов, А.А. Игнатьев СИСТЕМЫ ВЗВЕШИВАНИЯ В ДВИЖЕНИИ 694
А.Д. Баранник, А.К. Кирсанов, А.А. Игнатьев ОПИСАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗАМАЧИВАНИИ И СУШКЕ ОБРАЗЦОВ ГРУНТА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ОСНОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ 699
А.Д. Баранник, А.А. Игнатьев ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТА ДОРОЖНОГО ОСНОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО И ОТХОДОВ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА 704
К.А. Куликова, А.А. Игнатьев РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....710
А.В. Куревенков, А.А. Игнатьев ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ 714
Г.В. Пренглаев, А.А. Игнатьев ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТОДА УПЛОТНЕНИЯ МЕЛКОГО ПЕСКА НА ОСНОВЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЖФАЗНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ.....718
Е.А. Ронжин, А.А. Игнатьев РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ГЕОРЕШЕТКИ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ 722
Н.В. Серегина, А.А. Игнатьев СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕСАЙКЛЕРОВ 726
Д.А. Соловьев, А.А. Игнатьев ОПИСАНИЕ, ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ДЕФЕКТОВ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ 731
Д.А. Соловьев, А.А. Игнатьев ОПИСАНИЕ, ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ 736
А.А. Сошенко, А.А. Игнатьев УСТРОЙСТВО ЗАКРЕПЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УСИЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ 741
А.С. Тарасенков, А.А. Игнатьев СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ГОРЯЧЕЙ РЕГЕНЕРАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА 744
Я.Ю. Тумакова, А.А. Игнатьев ПОНЯТИЕ ГЕОСЕТКА И ГЕОРЕШЕТКА 748

В.В. Четверикова, А.А. Игнатьев ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД 752
И.А. Рустамов, А.А. Игнатьев СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ 756
Д.В. Герасимов, А.А. Игнатьев КРЫМСКИЙ МОСТ – СТРОЙКА ВЕКА 759
А.А. Арсентьева, А.М. Протасов, С.А. Тумаков ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ: СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ 764
А.А. Грибков, А.Е. Бунегина, С.А. Тумаков ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ 767
М.В. Грибков, А.Е. Баронов, С.А. Тумаков РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО КУПОЛА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD++ 770
А.В.Данилов, А.А. Арсентьева, С.А.Тумаков РАСЧЕТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЗДАНИЯ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ STRUCTURE CAD 774
Е.С. Егоров, С.А. Тумаков УСИЛЕНИЕ КАРКАСА ЗА СЧЁТ ВНЕДРЕНИЯ ЯДРА ЖЁСТКОСТИ И ЕГО РАСЧЁТ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD++ 778
А.А. Куликов, С.А. Тумаков РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ НА ТРАНСВЕРСАЛЬНО ИЗОТРОПНЫХ ГРУНТАХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD++ 782
Н.Ю. Звездочкин, А.Н. Киселкин, С.А. Тумаков МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD++ 786
К.А. Куликова, С.А. Тумаков К ВОПРОСУ ОБ АРМИРОВАНИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД 790
А.М. Протасов, А.В. Данилов, С.А. Тумаков МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ В СИСТЕМЕ MATHCAD.....795
Д.М. Рыжковская, С.А. Тумаков ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФУНДАМЕНТОВ 799
К.В. Суворова, Л.Д. Буджиашвили, С.А. Тумаков РАСЧЁТ КИРПИЧНОГО СВОДА 803

А.В. Соловьев, А.Л. Балушкин ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНЫХ СРЕД 809
О.П. Башмакова, А.Л. Балушкин СПЕЦИФИКА ИНЖЕНЕРНЫХ ВОПРОСОВ РЕСТАВРАЦИИ КУЛЬТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГОРОДА ВОЛОГДЫ 815
К.С. Жуковская СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ ПО НОРМАМ РФ И ЕВРОКОДУ 819
А.В. Летавина, А.Л. Балушкин КОНСТРУКЦИИ ПОСТНАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ.....824
Д.С. Ергина, А.Л. Балушкин ВЛИЯНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ СОПРЯЖЕНИЙ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ НЕСУЩЕГО КАРКАСА 829
А.И. Рожнова, А.Л. Балушкин СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ СОБСТВЕННОГО ВЕСА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ 833
И.А. Майер, Н.М. Отекин, Г.Н. Голубь АНАЛИЗ МЕТОДОВ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....837
А.А. Хаснулина, А.Л. Балушкин, Д.С. Дехтерев ОЦЕНКА РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАТФОРМЕННОГО СТЫКА СТЕНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ.....841
Н.М. Отекин, И.А. Майер, Г.Н. Голубь ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ОТ МОСТОВОГО КРАНА, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТАЛЬНОГО КАРКАСА.....846
Н.П. Килинкаров, Г.Н. Голубь ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ «ОСНОВАНИЕ-СООРУЖЕНИЕ» НА НДС КОНСТРУКЦИЙ.....850
О.А. Вьюгина, Г.Н. Голубь УСТРОЙСТВО ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОМАССИВОВ ИЗ ЩЕБЕНОЧНЫХ СВАЙ.....854
Е.А. Голубева, С.А. Тумаков ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТА 858
И.А. Брусницын, А.В. Давыдов, Ю.М. Придатко РЕКОНСТРУКЦИЯ ФУНДАМЕНТОВ ИСТОРИЧЕСКОГО ЗДАНИЯ ПО АДРЕСУ ВОЛЖСКАЯ НАБЕРЕЖНАЯ ДОМ 15 В ГОРОДЕ ЯРОСЛАВЛЬ 862

Е.А. Смирнова, Н.С. Харитонов, М.А. Абрамов, А.Л. Балушкин ИССЛЕДОВАНИЕ ВИНТОВЫХ СВАЙ 867
И.У. Дарсалия, А.Б. Османов ВТОРИЧНАЯ ОБМАЗОЧНАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....871
Е.И. Шашкова, С.Ю. Васильева, П.А. Егоров РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ОГНЕСТОЙКИХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ПЕН.....875
Ю.В. Казакова, С.Ю. Васильева, С.С. Корнаков ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУРФУРОЛАЦЕТОНОВОГО МОНОМЕРА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ АСФАЛЬТА.....878
В.В. Васильев, П.А. Егоров, С.Ю. Васильева ПОЛИМЕРБЕТОНЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ФУРАНОВЫМИ СМОЛАМИ.....880
А.С. Слинько, И.В. Немчинов, П.И. Грехов, А.М. Суханов ПРИМЕНЕНИЕ МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГАЗОБЕТОНА 883
В.А. Пономарев, С.В. Смоленцев, П.И. Грехов, А.М. Суханов ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ ИЗ МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 888
Д.Е. Дудов, Н.П. Анощенко, П.И. Грехов ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ 891
В.А. Белобородов, А.Р. Бутаков, П.И. Грехов, А.М. Суханов ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАТРАВОК ДЛЯ БЕТОНА НА ОСНОВЕ НИЗКООСНОВНЫХ ГИДРОСИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ 895
В.Н. Смирнова, Т.Н. Вахнина, И.В. Сусоева СНИЖЕНИЕ ГОРЮЧЕСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПЫЛЕВИДНЫХ ОТХОДОВ ПРЯДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ 899
Е.М. Бекова, М.В. Карякина, А.Б. Лебедев, Ю.М. Придатко РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ УКРУПНЕННЫХ СИЛИКАТНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ КЛАДКИ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ.....904
Е.М. Бредерман, А.В. Урядова ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА БЕТОНА 908
Е.М. Бредерман, Е.Н. Загрузина, А.Б. Лебедев РАДИАЦИОННЫЙ КЛИМАТ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КРОВЕЛЬ 912
Е.А. Гавриличева, В.А. Киселева, А.Б. Лебедев, Ю.М. Придатко ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ

ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БИОПОЛИМЕРНОЙ ДОБАВКОЙ ГЛИНЯНОЙ ФОРМОВОЧНОЙ МАССЫ 915
Е.С. Егоров, Ю.М. Придатко ОДНОРОДНОСТЬ ОДНОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ШТУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ 918
Е.Н. Загрузина, А.В. Урядова ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛИНОЗЕМА В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ В ОБЫЧНОМ СЕРОСОДЕРЖАЩЕМ БЕТОНЕ 922
Е.Н. Загрузина, Е.М. Бредерман, А.Б. Лебедев УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТОНКОМОЛОТОЙ СЕРОЙ926
В.А. Демчук, А.В. Урядова, В.Б. Доброхотов ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСОВ, СВЯЗАННЫХ С ВНЕДРЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ЭКОЛОГИЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 930
П.Э. Заманков, Ю.М. Придатко РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЯ ПО УЛИЦЕ КИРОВА 9/7 В Г. ЯРОСЛАВЛЕ 935
Е.М. Бекова, М.В. Карякина, Ю.М. Придатко А.Б. Лебедев ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ УКРУПНЕННЫХ СИЛИКАТНЫХ БЛОКОВ.....939
В.А. Киселева, Е.А. Гавриличева, А.Б. Лебедев, Ю.М. Придатко ПРЕССУЕМОСТЬ КЕРАМИЧЕСКОГО ПОРОШКА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БИОПОЛИМЕРНОЙ ДОБАВКОЙ ГЛИНЫ ПУЖБОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....943
С.И. Кремлёв, Ю.М. Придатко РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ С НЕПОЛНЫМ КАРКАСОМ 948
Я.О. Маслухин, А.В. Давыдов, Ю.М. Придатко СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ.....952
А.О. Мурашов, М.С Бочек, А.В. Давыдов, Ю.М. Придатко ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВДАВЛИВАЕМЫХ МИКРОСВАЙ ДЛЯ УСТРОЙСТВА И УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ.....957
К.А. Разгуляева, О.Е. Машьянова, Ю.М. Придатко ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ КОНСТРУКЦИЙ ФУНДАМЕНТОВ В ВЫШТАМПОВАННЫХ КОТЛОВАНАХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В Г. ЯРОСЛАВЛЕ 963

Ю.С. Секерина, Ю.М. Придатко ШТУКАТУРНОЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ ВОЗДУШНОЙ ИЗВЕСТИ И МОДИФИЦИРОВАННОГО ДРЕВЕСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ.....968
Д.Е. Филимонов, Ю.М. Придатко ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ ОТ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЗАО «ХРОМ» В Г. ЯРОСЛАВЛЕ.....972
В.А. Демчук, В.Б. Доброхотов СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КРОВЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....975
В.В. Бокарев, В.Б. Доброхотов РАЗРАБОТКА УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕКРЫТИЙ С КЛАДКОЙ ИЗ ПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ БЛОКОВ. РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ.....980
М.В. Грибков, В.Б. Доброхотов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА.....984
В.А. Голубева, В.Б. Доброхотов СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПЕНОПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ 987
Е.А. Щукарева, В.Б. Доброхотов ПРИМЕНЕНИЕ НАЛИВНЫХ ПОКРЫТИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ: ПОЛИУРЕТАНОВЫЕ КОМПОЗИЦИИ 993
О.А. Воронова, В.Б. Доброхотов МОРОЗОСТОЙКОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННОГО БЕТОНА В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ 997
Н.А. Щерба, В.Б. Доброхотов ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ БАШЕННЫХ ГРАДИРЕН ИЗ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКОЙ НА ОСНОВЕ РЕДИСПЕРГИРУЕМОГО ПОЛИМЕРНОГО ПОРОШКА1000
К.В. Суворова, Д.М. Рыжковская, В.Б. Доброхотов ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРОИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ЭЛАСТОМЕРА «ISOFLEX» ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ С ВЛАЖНЫМ РЕЖИМОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ 1003
Е.А. Мельчакова, В.Б. Доброхотов ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВАРЬИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ КОМБИНИРОВАННОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ИЗДЕЛИЯ 1007
А.Т. Броян, В.Б. Доброхотов ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА 1010

А.С. Власов, В.Б. Доброхотов ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ПЕРЕРАБОТАННОГО ГАЛЬВАНОШЛАМА НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА.....1014
А.С. Власов, В.Б. Доброхотов ИСПЫТАНИЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА С ДОБАВЛЕНИЕМ ГАЛЬВАНОШЛАМА 1017

СЕКЦИЯ «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ».....1020

А.А. Абрамов, А.С. Волков, С.А. Царева ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ1020
А.А. Абрамов, А.С. Волков, С.А. Царева ОБЪЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В СФЕРЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ПРИМЕРЕ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПАНИЙ....1024
А.С. Ангелов, А.С. Ермишин УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ С ВНЕШНИМИ ПОСТАВЩИКАМИ В ООО «ЛИНК» 1028
К.О. Бауфал, С.А. Царева КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 1034
В.А. Беликова, Н.В. Горячёва ОСОБЕННОСТИ АККРЕДИТАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОГО ОРГАНА ПО СЕРТИФИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ООО ССУ «ДЭКУЭС» 1038
В.А. Беликова, Н.В. Горячёва СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРТИФИКАЦИИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ.....1041
А.И. Белякова, А.С. Степанова ПРИМЕНЕНИЕ QFD-МЕТОДА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА УСЛУГ, ОКАЗЫВАЕМЫХ В КУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОМ ЦЕНТРЕ (НА ПРИМЕРЕ МУ «ИВНЯКОВСКИЙ КУЛЬТУРНО–СПОРТИВНЫЙ ЦЕНТР») 1045
В.Н. Белянкина, С.А. Царева ПРОГРАММНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ.....1050
Е.А. Бородулина, В.В. Кочерова ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОСТАВЩИКАМИ НА ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ» (ЯМЗ).....1054
А.А. Брехова АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ СТАНДАРТА IATF 16949:2016 В ОТНОШЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ 1058

А.С. Волков, А.А. Абрамов, С.А. Царева ОБОСНОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТОВ «АЭРОНАВИГАЦИЯ СЕВЕРНОГО УРАЛА» ФГУП «ГОСКОРПОРАЦИЯ ПО ОРВД».....1062
К.А. Гапоник, А.С. Ермишин СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ В ООО «ТЭК» 1066
А.А. Гребенщикова МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ ISO 9001:2015 КАК ОСНОВА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ 1071
Г.А. Дитковский, С.А. Царева ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВАЛИДАЦИИ В РАМКАХ ТРЕБОВАНИЙ GMP С УЧЕТОМ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА 1075
П.В. Ермолина, В.В. Кочерова АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК РАЗРАБОТКИ РЕГЛАМЕНТА ПОСТПРОДАЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ (НА ПРИМЕРЕ АН «МЕТРО»)..1079
В.А. Зайчиков, С.А. Царева ТРАНСФОРМАЦИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ МЕДИАКОММУНИКАЦИЙ В УСЛОВИЯХ АДАПТАЦИИ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА 1083
А.Н. Калишаускайте, Е.М. Шастина КАДРОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ 1087
О.П. Кашляева, А.С. Ермишин СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ».....1091
А.А. Кириллова, А.С. Степанова ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ 5S НА ОАО «РЖД».....1095
В.Д. Китаева, Н.В. Горячёва ВАЖНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ 1098
Е.А. Клочкова, А.С. Степанова К ВОПРОСУ О ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ТРУДА НА ОСНОВЕ ТРЕБОВАНИЙ OHSAS 18001 (НА ПРИМЕРЕ ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС») 1101
А.И. Костюченко АНАЛИЗ ОНЛАЙН-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЗАЦИИ С ЗАИНТЕРЕСОВАННЫМИ СТОРОНАМИ (НА ПРИМЕРЕ ФГБОУ ВО «ЯГТУ»).....1106
М.Э. Кузнецова, В.В. Кочерова АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ НА ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»1110
О.В. Кузьмина, В.В. Кочерова СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДОЙ НА ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС» 1114

Е.А. Левина, В.А. Смирнова, С.А. Царева, В.А. Голкина ПРОЦЕДУРА ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ.....1117
К.В. Лукина, С.А. Царева ПОДВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ ЛЁГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА.....1121
М.В. Макарова, А.С. Степанова НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЯРОСЛАВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ.....1124
А.Е. Напиденина ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА АССОРТИМЕНТА НА ПРИМЕРЕ РОЗНИЧНОГО МАГАЗИНА ДЕКАТЛОН В Г. ЯРОСЛАВЛЬ.....1129
М.А. Петрова, А.С. Степанова РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА «АУТСОРСИНГ УСЛУГ» ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ЯГТУ.....1133
Д.А. Полетова, С.А. Царева ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС».....1138
М.И. Помешкин, Е.М. Шастина СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА «МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА» НА ООО «РУСОПТИКСИСТЕМ».....1142
Н.С. Семенов, С.А. Царева СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ 1146
Л.К. Сергеева, С.А. Царева ТЕНДЕНЦИИ КОНТРОЛЛИНГА КАЧЕСТВА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ» 1150
В.С. Сиротина, С.А. Царева ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ «ШЕСТЬ СИГМ» ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ПРЕДПРИЯТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.....1154
В.А. Смирнова, Е.А. Левина, С.А. Царева, В.А. Голкина СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАРУБЕЖНЫХ И РОССИЙСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА НЕФТИ.....1158
Е.А. Соколова, С.А. Царева ВЫБОР КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОКРАСКИ СУДНА 1162
Т.А. Сычева, А.С. Степанова АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ О КАЧЕСТВЕ ВАЛА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДИКИ 8D.....1167

Д.Ф. Тарасова, Е.М. Шастина СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРОЙ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПАО «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД».....1171
А.А. Ушакова, В.В. Кочерова ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТА ГОСТ Р ИСО 31000-2010 (НА ПРИМЕРЕ АО «ЯРОСЛАВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД») 1174
А.М. Черемушкина РАЗВИТИЕ СФЕРЫ ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ: ПЕРЕХОД К ДУАЛЬНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ.....1178
А.В. Чистюнин, А.С. Ермишин ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В РАМКАХ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА 1182
И.А. Шалаев, В.В. Кочерова УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ КРЕДИТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ (НА ПРИМЕРЕ ПАО РОСБАНК) 1186

СЕКЦИЯ «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

УДК 66.011

ТРЕХСТАДИЙНЫЙ ГРАВИТАЦИОННЫЙ СПОСОБ СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ КОМПОНЕНТОВ

И.И. Верлока, А.Б. Капранова

Научный руководитель – А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Предложен метод, позволяющий получать качественные сыпучие смеси из компонентов с соотношением 1:10 и более. Для экспериментального исследования данного способа выполнен монтаж лабораторной установки.

Ключевые слова: *качественная смесь, трехстадийный способ, гравитационный смеситель, сыпучий материал.*

THREE-STEADY GRAVITATIONAL METHOD FOR LOOSE COMPONENTS MIXING

I.I. Verloka, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor - A.B. Kapranova, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A method is proposed that allows obtaining qualitative loose mixtures from components with a ratio of 1:10 and more. For experimental study of this method, a laboratory installation was constructed.

Keywords: *quality mix, three-stage method, gravity mixer, loose material.*

В отечественной промышленности смешивание сыпучих материалов является одним из основных технологических процессов и зачастую определяет качество конечной продукции. При производстве строительных материалов, стекла, пищевых продуктов и т.д. возникает необходимость получать смеси с соотношением объемных долей компонентов 1:10.

Наиболее распространенные - барабанные смесители периодического действия, имеющие ряд недостатков, например, сегрегация и длительность процесса. Решением проблемы может стать разработка инженерной методики расчета устройства для многостадийного смешивания, т.е. поэтапного доведения смеси до регламентного соотношения содержания компонентов за счёт разбавления сыпучего материала, объемная доля которого должна быть больше.

В работах [1-3] приведены описания данного процесса методом разбавления в центробежном смесителе при соотношении сыпучих компонентов 1:100, 1:1000 (и более), а также в аппарате на движущейся ленте при соотношении составляющих 1:10 (и более) соответственно.

В настоящей работе предложен трехстадийный способ смешивания сыпучих компонентов в аппарате гравитационного типа с активным перемешивающим органом - барабаном с резиновыми щетками. Преимуществами данного смесителя, описанного в [4], являются: непрерывный режим работы, отсутствие условий для проявления сегрегации, совмещение двух способов смешивания - на лотках и с помощью приводного щеточного барабана. Например, в смесителе [4] подлежащие смешению сыпучие материалы поступают из устройств загрузки на направляющие лотки. Под действием силы тяжести материалы движутся по их поверхностям. При сходе с лотков потоки смешиваемых компонентов пересекаются и взаимодействуют с устройством для разделения потока.

Принцип реализации указанного трехстадийного метода смешивания заключается в следующем. На первом этапе дозирование компонентов ($i = 1, 2$) в рабочий объем гравитационного смесителя происходит в соотношении 1:1, а на последующих - выполняется разбавление получаемой промежуточной смеси только одним компонентом «2», бóльшим в готовом объеме, необходимом для достижения целевого соотношения 1:10 или более при расчете соответствующей объемной доли по формуле

$$k_2^{(\nu)} = \left| [2^{-1}(n_V - 1) + 1](\nu - 1) - 1 \right| k_1^{(1)}, \quad \nu = \overline{1, \tau}, \quad \tau = \overline{2, n_\tau}, \qquad (1)$$

где нижний цифровой индекс для $k_2^{(\nu)}$ соответствует компоненту «2» смеси при требуемом соотношении объемов

$$V_1 : V_2 = 1 : n_V . \qquad (2)$$

В формуле (2) обозначено: n_τ - число стадий с текущим номером $\tau = \overline{2, n_\tau}$; $k_1^{(1)}$ - объемная доля сыпучего материала «1» на первом этапе смешивания.

На базе ЯГТУ была спроектирована и смонтирована лабораторная установка, реализующая предложенный трехстадийный метод. В результате экспериментальных исследований процесса смешивания сыпучих материалов пищевого и строительного назначения выявлен рациональ-

ный для получения наиболее качественной смеси диапазон (350-550) об/мин для частоты вращения приводного щеточного барабана.

Таким образом, реализация аппарата на уровне опытно-промышленного образца и его внедрение в производство при замещении текущего смесительного оборудования позволит повысить качество готовой продукции, снизить ее себестоимость и сократить соответствующие энергозатраты. Проектирование нового смесителя гравитационного типа связано с разработкой инженерной методики его расчета, базирующейся на сравнении экспериментальных [5] и теоретических [6, 7] результатов исследований указанного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванец В.Н.* Тенденции развития смесительного оборудования непрерывного действия центробежного типа / В.Н. Иванец, Д.М. Бородулин, А.А. Андрюшков // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 1.

2. Исследование работы смесительного агрегата, состоящего из двух последовательно установленных центробежных СНД, для получения смеси с соотношением смешиваемых компонентов 1:1000 методом последовательного разбавления / Д.М. Бородулин, А.И. Саблинский, Д.В. Сухоруков, А.А. Андрюшков // Технология переработки. 2013. № 5. С. 211-217.

3. *Бакин М.Н.* Современные аппараты с подвижной лентой для смешивания сыпучих материалов / М.Н. Бакин, А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Фундаментальные исследования. 2014. № 5. С. 687-691.

4. Пат. 2586126 РФ, МПК B01F3/18**.** Смеситель сыпучих материалов гравитационного типа / А.И. Зайцев, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, И.И. Верлока. Опубл. 10.06.2016. Бюл. № 16.

5. *Верлока И.И.* Экспериментальные исследования процесса трехстадийного смешивания сыпучих сред 1:10 в разреженных потоках / И.И. Верлока, А.Б. Капранова // Международный студенческий научный вестник, 2015. № 3. С. 199-200; URL: http://eduherald.ru/pdf/2015/2015_03_2.pdf.

6. *Капранова А.Б.* Об оценке содержания ключевого компонента после ударного рассеивания сыпучих материалов на начальном этапе порционного смешивания / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Вестник ИГЭУ. № 3. 2016. С. 78-83. (DOI) 10.17588/2072-2672.2016.3.078-083.

7. К вопросу о моделировании процесса порционного смешивания в аппарате гравитационного типа / А.Б. Капранова, И.И. Верлока, С.В. Филиппов, П.А. Яковлев // Современные задачи инженерных наук – МНТФ Косыгин-2017: сб. научн. трудов VI-ой Междунар. науч.-техн. Симпозиума «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ – 2017» Международ. науч.-техн. Форума «Первые международные Косыгинские чтения (11-12 октября 2017 года). Т. 1. М.: Изд-во ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017. С. 119-121.

УДК 66.022.54

К РАСЧЕТУ КОЭФФИЦИЕНТА НЕОДНОРОДНОСТИ СЫПУЧЕЙ СМЕСИ ПРИ ГРАВИТАЦИОННОМ СПОСОБЕ ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ

И.И. Верлока, А.Б. Капранова

Научный руководитель – А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Предложен способ расчета коэффициента неоднородности двухкомпонентной сыпучей смеси с заданным соотношением объемных долей при гравитационном способе ее получения.

Ключевые слова: *процесс смешивания, сыпучие компоненты, смесительный барабан, лента, гибкие элементы, коэффициент неоднородности.*

TO THE CALCULATION OF THE COEFFICIENT OF THE INHOMOGENEITY OF BULK MIXTURES UNDER THE GRAVITATIONAL METHOD OF ITS PRODUCTION

I.I. Verloka, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor - A.B. Kapranova, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A method is proposed for calculating the inhomogeneity coefficient of a two-component free-flowing mixture with a given ratio of volume fractions for a gravitational method of its production.

Keywords: *process of mixing, loose components, mixing drum, tape, flexible elements, coefficient of heterogeneity.*

Оценка качества сыпучей смеси является одним из наиболее значимых этапов моделирования процесса смешивания компонентов [1], т.к. разрабатываемый способ расчета коэффициента неоднородности лежит в основе создания инженерной методики расчета проектируемого смесителя. Смешивание нескольких видов сыпучих материалов ($i = \overline{1, n_b}$) порци-

онным способом для получения смеси с соотношением 1:10 и более предполагает наличие нескольких стадий добавления одного из компонентов в целевой продукт. На каждом этапе ($k=\overline{1,n_\tau}$) смешивания выполняются две операции: *а*) разбрасывание двух сыпучих материалов ($i=1,2$) с соотношением между объемными долями $V_1^{(k)}:V_2^{(k)}=b_1^{(k)}:b_2^{(k)}$ с лотка, расположенного под углом β_0 к вертикали, щеточными элементами при их винтовой навивке на поверхности смесительных барабанов; *б*) ударное взаимодействие образованных (после проведения начальной операции) факелов смешиваемых компонентов ($i=1,2$) с наклонной отбойной поверхностью, которая установлена под углом β_1 к лотку. Обозначив константы стохастической модели [1], зависящие от множества конструктивно-режимных параметров проектируемого смесителя, следующим образом $\delta_{ij}, \varphi_{ij}, \chi_{ij}, p_0, p_{1i}, p_{2i}, p_{3i}, p_4$, представим набор неравновесных дифференциальных функций распределения числа частиц компонента i по углу отражения ψ_{2i} от отбойника в виде

$$W_{ij}(\psi_{2i})=(\delta_{ij}/\varphi_{ij})\exp\left\{-p_4 p_0^2 \varphi_{ij}^2[\gamma_i(\psi_{2i})+\chi_{ij}]^2/(p_{1i}p_{2i})\right\}\times$$
$$\times\left(\mathrm{erf}(-\varphi_{ij}/\mathrm{erf}\left[(\varphi_{ij}/p_{3i})\{1+p_0 p_{3i}[\gamma_i(\psi_{2i})+\chi_{ij}]\}^2\right]p_{3i})\right), \qquad (1)$$

Пусть в готовой смеси соотношение объемов компонентов имеет вид $V_1:V_2=1:n_V$. Тогда согласно предложенной в работе [1] методике расчета разность между объемными долями материалов на первом этапе ($k=1$) равна $\Delta b_2^{(1)}=b_2^{(1)}-b_1^{(1)}$ и зависит от числа этапов смешивания n_τ

$$\Delta b_2^{(1)}=\left|(n_V+b_1^{(1)})/2^{n_\tau-1}-2b_1^{(1)}\right|. \qquad (2)$$

Пусть число стадий равно n_τ с текущим номером ($\tau=\overline{2,n_\tau}$). Расчет значения коэффициента неоднородности для первой и последующих ($n_\tau-1$) стадий производится по формулам

$$V_{c(1)}=100\left(\frac{<c_1^2>}{<c_1>^2}-1\right)^{1/2}, \quad V_{c(\tau+1)}=100\left(\frac{<c_{\tau+1}^2>}{<c_{\tau+1}>^2}-1\right)^{1/2} \qquad (3)$$

Здесь $<c_1>^2$ и $<c_{\tau+1}>^2$ - квадраты средних значений соответственно для объемных долей c_1 и $c_{\tau+1}$ [3]

$$\left\langle c_1\right\rangle=(\alpha_{\max}+\alpha_{\min})^{-1}\int_{\alpha_{\min}}^{\alpha_{\min}} c_1 d\alpha_j, \quad \left\langle c_1^2\right\rangle=(\alpha_{\max}+\alpha_{\min})^{-1}\int_{\alpha_{\min}}^{\alpha_{\min}} c_1^2 d\alpha_j, \quad (4)$$

$$\left\langle c_{\tau+1}\right\rangle=(\alpha_{\max}+\alpha_{\min})^{-1}\int_{\alpha_{\min}}^{\alpha_{\min}} c_{\tau+1} d\alpha_j, \quad \left\langle c_{\tau+1}^2\right\rangle=(\alpha_{\max}+\alpha_{\min})^{-1}\int_{\alpha_{\min}}^{\alpha_{\min}} c_{\tau+1}^2 d\alpha_j, \quad (5)$$

где согласно (1) и (2) имеем

$$c_1 = \rho_{T1}\prod_{j=1}^{n_b} W_{1j}(\psi_{2i})\left\{\sum_{i=1}^{n_k}\rho_{Ti}\prod_{j=1}^{n_b} W_{ij}(\psi_{2i}) + \rho_{T2}\Delta b_2^{(1)}\prod_{j=1}^{n_b} W_{2j}(\psi_{22})\right\}^{-1}, \quad (6)$$

$$c_\tau = \left[\rho_{T1}\prod_{j=1}^{n_b} W_{1j}(\psi_{2i}) + \rho_{T2}\sum_{\nu=1}^{\tau-1} b_2^{(\nu)}\prod_{j=1}^{n_b} W_{2j}(\psi_{2i})\right]\times$$
$$\times\left[\rho_{T1}\prod_{j=1}^{n_b} W_{1j}(\psi_{2i}) + \rho_{T2}\sum_{\nu=1}^{\tau} b_2^{(\nu)}\prod_{j=1}^{n_b} W_{2j}(\psi_{2i})\right]^{-1}, \quad (7)$$

$$b_2^{(\nu)} = \left|[2^{-1}(n_V - 1) + 1](\nu - 1) - 1\right| b_1^{(1)}, \quad \nu = \overline{1,\tau}, \quad \tau = \overline{2, n_\tau}. \quad (8)$$

Таким образом, предложен способ расчета коэффициента неоднородности двухкомпонентной сыпучей смеси с соотношением объемных долей $1 : n_V$ при гравитационном способе ее получения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование ударного смешивания твердых дисперсных сред при вторичных столкновениях частиц / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. Иваново, 2013. Т. 56, вып. 6. С. 83-86.

2. Оценка коэффициента неоднородности зернистой смеси в объеме барабанно-ленточного устройства / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. Иваново, 2014. Т. 57, вып. 9. С. 104-106.

3. *Капранова А. Б.* Метод расчета коэффициента неоднородности сыпучей смеси в объеме барабанно-ленточного смесителя / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, А.И. Зайцев // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-27: сб. трудов 27-й Междунар. науч. конф. Т. 2. Тамбов, 2014. С. 31-33.

4. К вопросу о моделировании процесса порционного смешивания в аппарате гравитационного типа / А.Б. Капранова, И.И. Верлока, С.В. Филиппов, П.А. Яковлев // Современные задачи инженерных наук – МНТФ Косыгин-2017: сб. научн. трудов VI-ой Междунар. науч.-техн. Симпозиума «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ – 2017» Международ. науч.-техн. Форума «Первые международные Косыгинские чтения (11-12 октября 2017 года). Т. 1. М. : Изд-во ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2017. С. 119-121.

5. *Капранова А.Б.* Об оценке содержания ключевого компонента после ударного рассеивания сыпучих материалов на начальном этапе порционного смешивания / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Вестник ИГЭУ. № 3. 2016. С. 78-83. (DOI) 10.17588/2072-2672.2016.3.078-083.

6. *Kapranova A.B.* The study of the volume fraction of key component in the second phase of the portion mixing by means of the device of gravity type / A. B. Kapranova, I.I. Verloka // Chemical Engineering -2017 : 3rd International Conference on Chemical Engineering (October 2-4, 2017). Chicago, Illinois, USA, 2017. J. Chem. Eng. Process Technol. V. 8. № 5. P. 59. (DOI) 10.4172/2157-7048-C1-009.

УДК 66.022.54

О ХАРАКТЕРИСТИКАХ НЕРАВНОВЕСНЫХ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕШИВАЕМЫХ ЧАСТИЦ ПО ИХ РАЗМЕРАМ

П.А. Яковлев, И.И. Верлока, А.Б. Капранова

Научный руководитель – А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается анализ энергетических характеристик неравновесных функций распределения смешиваемых частиц по их размерам в процессе переработки в гравитационном устройстве.

Ключевые слова: *процесс смешивания, сыпучие компоненты, смесительный барабан, лента, гибкие элементы, энергетические параметры.*

ON THE CHARACTERISTICS OF THE NON-EQUILIBRIUM FUNCTIONS OF DISTRIBUTION OF MIXED PARTICLES BY THEIR SIZES

P.A. Yakovlev, I.I. Verloka, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor - A.B. Kapranova, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the energy characteristics of the nonequilibrium distribution functions of the mixed particles by their dimensions during the processing in a gravity device is considered.

Keywords: *mixing process, bulk components, mixing drum, tape, flexible elements, energy parameters.*

Моделирование процесса смешивания сыпучих компонентов в гравитационном устройстве может быть выполнено с позиций стохастического подхода [1-3]. При этом в качестве решения кинетического уравнения Фоккера-Планка, учитывающего макромасштабные флуктуации ее

состояний в виде столкновений разносортных частиц ($i = 1, 2$) в области пересечения разреженных факелов смешиваемых компонентов [4]

$$\frac{\partial \phi_{ij}(t, E_{ij})}{\partial t} = \left(\frac{dE_{0ij}}{dt} \frac{dE_{fij}}{dt} \right)^{1/2} \times$$
$$\times \left[\frac{1}{E_{0ij}} \frac{\partial (E_{ij} \phi_{ij})}{\partial E_{ij}} + \frac{1}{E_{fij}^{\ 2}} \frac{\partial (E_{ij}^{\ 2} \phi_{ij})}{\partial E_{ij}} + \frac{\partial}{\partial E_{ij}} \left(E_{ij} \frac{\partial \phi_{ij}}{\partial E_{ij}} \right) \right], \quad (1)$$

выступают неравновесные функции распределения $\phi_{ij}(t, E_{ij})$ для открытых материальных систем из твердых частиц (в смысле энергетического обмена) с двумя характеристическими параметрами E_{0ij} и E_{fij}. Указанные факелы формируются при взаимодействии с деформированными щеточными элементами ($j = \overline{1, n_b}$), которые закреплены по винтовым линиям противоположных направлений на поверхностях соседних вращающихся барабанов [1-3]. Согласно [5] при выполнении условий для потери энергии системы при столкновениях разносортных частиц E_{fij} и для энергии стохастизации E_{0ij}, а также для их изменений с течением времени dE_{fij} / dt и dE_{0ij} / dt

$$(E_{0ij}/E_{fij})^2 << 1 \text{ и } \left(\frac{E_{0ij}}{E_{fij}}\right) \sqrt{\frac{dE_{0ij}}{dt} \frac{dE_{fij}}{dt}} \ll 1 \quad (2)$$

решение кинетического уравнения в форме (1) принимает вид

$$\phi_{ij} = A_{ij} \exp\left(-\frac{E_{ij}}{E_{0ij}} + \frac{E_{ij}^{\ 2}}{2E_{fij}^{\ 2}} \right) \quad (3)$$

Оценка указанных энергетических характеристик $E_{0ij}(\omega, \Delta)$ и $E_{fij}(\omega, \Delta)$ может быть проведена в зависимости от угловой скорости вращения барабанов и параметра, описывающего степень деформирования щеточных элементов $\Delta = l_b / h_0$ (как отношение длины бил l_b к высоте h_0 валкового зазора [6]) из уравнений энергетического баланса. Например, в отличие от равновесного случая [6] при смешивании манной крупы ГОСТ 7022-97 ($i = 1$) и природного песка ГОСТ 8736-93 ($i = 2$) получено, что наблюдается плавное убывание значений параметра E_{fij} в 1,2 раза при росте ω в диапазоне ее изменения (45-50) $с^{-1}$ [7], а значения E_{0ij} растут в 1,7 в указанных пределах для ω. Кроме того, убывание параметра $\Delta = l_b / h_0$ от 2 до 2,6 единиц влечет за собой незначительное снижение показателя E_{0ij} в 1,5 раза и слабый рост в 1,03 раза параметра E_{fij}. Входными конструктивно-режимными параметрами для расчета

являются [8]: радиус барабана $r_b = 3{,}0 \cdot 10^{-2}$ м; его длина $L_b = 1{,}85 \cdot 10^{-1}$ м; длина гибких элементов $l_b = 4{,}5 \cdot 10^{-2}$ м; шаг винтовой их навивки $h_s = (1{,}5 - 3{,}0) \cdot 10^{-2}$ м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование ударного смешивания твердых дисперсных сред при вторичных столкновениях частиц / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. Иваново, 2013. Т. 56, вып. 6. С. 83-86.

2. *Капранова А.Б.* Об оценке содержания ключевого компонента после ударного рассеивания сыпучих материалов на начальном этапе порционного смешивания / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Вестник ИГЭУ. № 3. 2016. С. 78-83. (DOI) 10.17588/2072-2672.2016.3.078-083.

3. *Kapranova A. B.* The study of the volume fraction of key component in the second phase of the portion mixing by means of the device of gravity type / A. B. Kapranova, I.I. Verloka // Chemical Engineering -2017 : 3rd International Conference on Chemical Engineering (October 2-4, 2017). Chicago, Illinois, USA, 2017. J. Chem. Eng. Process Technol. V. 8. № 5. P. 59. (DOI) 10.4172/2157-7048-C1-009.

4. *Kapranova A.B.* The model of dispersion of particles during their flow from chipping the surface / A. B. Kapranova, I. I. Verloka, A. E. Lebedev, A. I. Zaitzev // Czasopismo techniczne. Mechanika. Krakov, Poland, 2016. V. 113, № 2. P. 145-150.

5. *Капранова А.Б.* Сопоставление кинетических уравнений в стохастических моделях смешивания сыпучих сред / А.Б. Капранова, И.И. Верлока, А.И. Зайцев // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-28 : сб. трудов 28-й Междунар. науч. конф. в 12 т. Т. 8. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2015; Ярославль: Ярослав. гос. техн. ун-т; Рязань: Рязанск. гос. радиотехн. ун-т, 2015. С. 241-246.

6. *Капранова А.Б.* К анализу основных факторов влияния на качество зернистой смеси в смесителях со щеточными элементами / А.Б. Капранова, И.И. Верлока, А.В. Баталин // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-30 : сб. трудов 30-й Междунар. науч. конф. в 12 т. / под общ. ред. А. А. Большакова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. Т. 6. С. 42-45.

7. *Бакин М.Н.* Исследование распределения сыпучих компонентов в рабочем объеме барабанно-ленточного смесителя / М.Н. Бакин, А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Фундаментальные исследования. № 5 (часть 5), 2014. С. 928-933; URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10003288.

8. К вопросу о моделировании процесса порционного смешивания в аппарате гравитационного типа / А.Б. Капранова, И.И. Верлока, С.В. Филиппов, П.А. Яковлев // Современные задачи инженерных наук – МНТФ Косыгин-2017: сб. научн. трудов VI Междунар. науч.-техн. Симпозиума «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ – 2017» Международ. науч.-техн. форума «Первые международные Косыгинские чтения (11-12 октября 2017 года). Т. 1. М.: Изд-во ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2017. С. 119-121.

<<

УДК 66.011

МЕТОД МОДЕЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПРИ ОПИСАНИИ ПРОФИЛЯ ПОРОЗНОСТИ ДЕАЭРИРУЕМОЙ ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ

В.И. Екимова, В.А. Крылова, А.Б. Капранова

Научный руководитель – А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается пример применения метода модельных уравнений при описании профиля функции порозности деаэрируемой многокомпонентной порошковой смеси в плоскости поперечного сечения уплотняющего валка.

Ключевые слова: *процесс деаэрации, порошкообразный материал, смесь, уплотняющий валок, лента, модельное уравнение, порозность.*

METHOD OF MODEL EQUATIONS IN DESCRIPTION OF THE PERFECT PERFORMANCE PROFILE OF A DEAERED POWDER MIXTURE

V.I. Ekimova, V.A. Krylova, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor - A.B. Kapranova, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

An example of the application of the method of model equations in describing the profile of the porosity function of the deaerated multicomponent powder mixture in the plane of the cross section of the sealing roll is considered.

Keywords: *deaeration process, powdered material, mixture, sealing roll, tape, model equation, porosity.*

Как правило, нелинейные дифференциальные уравнения в частных производных, получаемые при моделировании реальных процессов химических технологий, имеют только численное решение [1]. Метод модельных уравнений, применяемый для поиска аналитического решения нелинейного дифференциального уравнения в виде комбинации (линейной или нелинейной) для аппроксимирующих функций, подобранных в

соответствии с граничными условиями, существенно влияет на трудоемкость получения адекватных математических моделей. Задача об описании механики поведения смеси порошкообразных материалов в процессе ее деаэрации в валковом зазоре с горизонтальной лентой согласно подходу [2] сводится к решению гиперболической системы квазилинейных уравнений 1-го порядка, одно из которых имеет следующий вид

$$k_1\alpha_2^{-2}\partial\alpha_2 / \partial x - k_2\partial v_x / \partial y + \alpha_2 = \alpha_{20} . \qquad (1)$$

Здесь $\alpha_2(x, y)$ - функция порозности смеси [1] с начальным значением α_{20}; $v_x(x, y)$ - скорость твердого скелета в горизонтальном направлении при начальной вертикальной скорости v_{y0}; константы $k_1 = \mu_1\alpha_{20}v_{y0} / w_0$; $k_2 = \mu_0 / w_0$, где комплекс $w_0 = \bar{\lambda} + 2\bar{\mu}$ определяется усредненными значениями $\bar{\lambda} = \sum_{j=1}^{N} c_v^{(j)}\lambda^{(j)}$ и $\bar{\mu} = \sum_{j=1}^{N} c_v^{(j)}\mu^{(j)}$ коэффициентов Ламэ $\lambda^{(j)}$, $\mu^{(j)}$ [3] для тонкодисперсной смеси из частиц N сортов (j=1,…, N) при объемной концентрации j-го ингредиента объемом V_2^j в данной дисперсной системе $c_V^{(j)} = V_2^{(j)}\left(\sum_{j=1}^{N} V_2^{(j)}\right)^{-1}$. Параметры μ_0 и μ_1 требуется вычислить дополнительно.

Учитывая связь между начальными приближениями $\alpha_2^{(0)}(x, y)$ и $v_x^{(0)}(x, y)$ [4] в форме

$$v_x^{(0)} / \alpha_2^{(0)} = -w_0 / (A\rho_T\alpha_{20}v_{y0}) , \qquad (2)$$

уравнение (1) заменяется модельным [4, 5]

$$\partial\phi(x, y) / \partial x - C_1^{-1}w_0[\alpha_{20} - \phi(x, y)] + C_1^{-1}C_2 y^{-1} = 0 . \qquad (3)$$

Решение уравнения (3) строится в форме произведения пробных функций $p_1(x)$ и $p_2(y)$ с одним аргументом

$$\phi(x, y) = p_1(x)p_2(y) , \qquad (4)$$

причем соответствуют уравнениям

$$dp_1(x) / dx = [c_0 - w_0\alpha_{20}p_1(x)] / C_1 , \qquad (5)$$

$$[c_0 p_2(y) - w_0\alpha_{20}]y + C_2 = 0 . \qquad (6)$$

Решения уравнений (5) и (6) имеют вид

$$p_1(x) = A_0 w_0^{-1} + A_1 \exp(-C_1^{-1}w_0 x) , \qquad (7)$$

$$p_2(y) = (w_0\alpha_{20}y - C_2)/(c_0 y)\,. \qquad (8)$$

Дополнительное условие, накладываемое на вид решения модельного уравнения (4) вследствие необходимости одновременного выполнения равенств $\left[\partial v_x(x,y)/\partial y\right]\Big|_{x_h} = 0$ и $\left[\partial\alpha_2(x,y)/\partial y\right]\Big|_{x_h} = 0$, приводит к записи аппроксимирующего решения уравнения (3)

$$\phi(x,y) = p_1(x)\,p_2(y)\left[w_0\tau(x_h)\right]^{-1}, \qquad (9)$$

где $\tau(x) = 1-(w_0/C_1)x + \left[w_0/C_1^2\right]^2 x^2/2$; x_h - абсцисса точки отрыва слоя высотой h (при начальном ее значении h_0 для смеси с требуемым значением порозности α_{2n}) от уплотняющего валка радиусом r

$$p_1(x) = \left[\tau(x) - \tau(x_h)\right]/\left[h + x^2/(2r) + x^4/(8r^3)\right], \qquad (10)$$

$$p_2(y) = w_0\alpha_{20}\left[h_0 + \mu_0\omega_1 r/(\alpha_{2n}w_0) - y\right]. \qquad (11)$$

Таким образом, согласно (11) построение аппроксимирующего решения дифференциального уравнения в частных производных (1) для функции порозности деаэрируемой порошковой смеси приводит к функции при заданных координатах (x_0, y_0) точки касания слоя уплотняемой смеси и цилиндрического валка

$$\alpha_2^{(0)}(x,y) = \alpha_{2n} - (\alpha_{2n} - \alpha_{20})\phi(x,y)/[\phi(x_0,y_0)]. \qquad (12)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нигматулин Р.И.* Основы механики гетерогенных сред / Р. И. Нигматулин. М.: Наука, 1978. 336 с.
2. *Капранова А.Б.* Механическое уплотнение тонкодисперсных материалов / А.Б. Капранова, А.И. Зайцев. М.: Экон-информ, 2011. 247 с.
3. *Соколовский В.В.* Статика сыпучей среды. / В.В. Соколовский. М.: Гл. изд-во техн.-теор. литературы, 1954. 276 с.
4. *Капранова А.Б.* Исследование порозности порошков при компактировании давлением в смесителях-деаэраторах. / А.Б. Капранова, А.И. Зайцев, И.О. Кузьмин // Теор. основы хим. технологии. 2015. Т. 49, № 4. С. 456-466.
5. *Kapranova A.B.* Studying the Porosity of Powders under Pressure Compaction in Deaeretion Mixers / A.B. Kapranova, A.I. Zaitzev, I.O. Kuz'min // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2015. V. 49, N. 4. P. 436-446.
6. *Капранова А.Б.* Исследование процессов переработки дисперсных материалов. Монография / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, М.Ю. Таршис. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. 172 с.

УДК 62-531.3

О ВЫЯВЛЕНИИ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ФАКТОРОВ ПРИ ВЫБОРЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАПАНА

Д.А. Ерофеев, А.Б. Капранова

Научный руководитель – А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается анализ способов учета определяющих факторов при выборе основных характеристик клапана, например, пропускной характеристики и пропускной способности регулирующего устройства.

Ключевые слова: *регулирующий клапан, гидравлическая кавитация, пропускная характеристика, пропускная способность.*

ABOUT IDENTIFICATION OF DEFINING FACTORS AT THE SELECTION OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF A VALVE

E.A. Erofeev, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor - A.B. Kapranova, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of ways of the account of determining factors at a choice of the basic characteristics of the valve, for example, the throughput characteristic and throughput of the regulating device.

Keywords: *control valve, hydraulic cavitation, flow characteristic, throughput.*

Проблема выбора основных характеристик клапана [1] связана с целым рядом этапов расчетов, посвященных поиску бескавитационных условий работы при заданных регламентах, а также с исследованием виброакустических и силовых факторов, обеспечивающих качественное обслуживание регулирования потоками жидкости. Точность учета соответствующих факторов влияет на эффективность работы проектируемого регулирующего органа.

Клапаны относятся к устройствам, которые отвечают в трубопроводной системе за процесс регулирования потоками рабочей среды с помощью варьирования гидравлическим сопротивлением [2, 3]. Достигается данный эффект изменением степени закрытия проходного сечения клапана. При этом требование снижения последствий кавитации (в условиях резкого падения давлений) приводит к использованию множества конструктивных приспособлений, например, разделяющих основной поток на множество разветвленных. Выделяются две основные пары параметров клапанов, которые имеют функциональную связь с коэффициентом гидравлического сопротивления $\zeta_{пр}$ - для проходного сечения или ζ_y - для условного [4]: а) безразмерные характеристики - пропускная σ и расходная q; б) пропускная способность устройства K_V, м^3/ч и безразмерный коэффициент расхода среды $\mu_{пр}$. Например, в зависимости от способа учета основных характеристик выбор параметров клапана производится: а) с помощью подбора линейной $\sigma(l) = C_1 l + \sigma_0$ или логарифмической (равнопроцентной) $\sigma(l) = C_2 \exp(nl)$, $n = -\ln\sigma_0$ зависимости пропускной характеристики $\sigma = K_v / K_{vy}$ от отношения $l = s / s_y$ для s - текущего и s_y - номинального ходовых значений затвора; б) расчетом значения пропускной способности устройства K_V при регламентируемом объемном расходе рабочей среды Q в соответствии с критериями Рейнольдса, Эйлера, Струхаля, Маха [3].

Приведем общий алгоритм расчета клапана по заданным значениям:

1) задание максимального значения расхода $Q_{\max}$, м^3/ч; перепада давлений $\Delta p_{\min}$, кг с/см^3; коэффициента запаса $1{,}1 \le \eta \le 1{,}2$ для значения K_V;

2) расчет значений пропускной способности – максимальной $K_{V\max} = Q_{\max}(\gamma / \Delta p_{\min})$ и номинальной $K_{Vy} \ge \eta K_{V\max}$, γ - объемный вес, кг/см^3;

3) определение номинального значения критерия Рейнольдса $\mathrm{Re}_y = 353 Q_{\max} / (\nu_1 D_y)$, ν_1 - коэффициент кинематической вязкости при выбранном температурном режиме, см^2/с; D_y - диаметр условного прохода, см (при $\mathrm{Re}_y \le 2 \cdot 10^3$ выполняются дополнительные расчеты на учет влияния вязкости [5]);

4) при $\mathrm{Re}_y > 2 \cdot 10^3$ производится проверка на наличие кавитационных эффектов (по вычисленному значению $\zeta_y = 25,4\omega_y{}^2 / K_{Vy}^2$ при номинальном сечении $\omega_y = \pi D_y^2 / 4$ с помощью графических зависимостей для функции гидравлического сопротивления для условного сечения $\zeta_y(k_c)$ определяется коэффициент кавитации k_c);

5) поиск максимально допустимого перепада давлений $\Delta p_{kav} = k_c(p_1 - p_{H1})$, p_1 - давление среды до клапана при значении $Q_{\max}$, p_{H1} - давление среды после клапана (при $\Delta p_{kav} \geq \Delta p_{\min}$ выбор вида клапана закончен; при $\Delta p_{kav} < \Delta p_{\min}$ наблюдается кавитационный режим, тогда следует уменьшить значение $\Delta p_{\min}$ до Δp_{kav} с возвратом к п. 5 и 2).

Таким образом, проанализированы способы учета определяющих факторов при выборе основных характеристик клапана, которые влияют на стохастическое моделирование процесса образования кавитационных пузырей в проточной части регулирующего устройства [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арзуманов Э.С.* Гидравлические регулирующие органы систем автоматизированного управления. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.

2. О методах расчета гидравлического сопротивления регулирующих органов при транспортировании однокомпонентных сред / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, С.В. Неклюдов // Фундаментальные исследования. - № 4 (ч. 1), 2016. С. 52-60; URL: http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id =40125.

3. К вопросу о расчете местных гидравлических сопротивлений при работе осесимметричного регулирующего клапана / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов // Современные задачи инженерных наук – МНТФ Косыгин-2017: сб. научн. трудов VI Междунар. науч.-техн. симпозиума «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ – 2017» Международ. науч.-техн. Форума «Первые международные Косыгинские чтения (11-12 октября 2017 г.). Т. 1. М.: Изд-во ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2017. С. 116-118.

4. Стохастическая модель процесса образования кавитационных пузырей в проточной части регулирующего клапана / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов // Вестник ИГЭУ. № 4. 2016. С. 24-29. (DOI) 10.17588/2072-2672.2016.4.024-029.

5. *Арзуманов Э.С.* Расчет и выбор регулирующих органов автоматических систем. М.: Энергия, 1971.112 с.

6. *Kapranova A.B.* The definition of the integral characteristics of the process of formation of cavitation bubbles when operating the control valve / A. B. Kapranova, A. E. Lebedev, A.M. Melzer // Chemical Engineering -2017: 3rd International Conference on Chemical Engineering (October 2-4, 2017). Chicago, Illinois, USA, 2017. J. Chem. Eng. Process Technol. V. 8. № 5. P. 58. (DOI) 10.4172/2157-7048-C1-009.

УДК 66.011

К РАСЧЕТУ СКОРОСТЕЙ ЧАСТИЦ СМЕШИВАЕМЫХ СЫПУЧИХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С БИЛАМИ

Д.А. Стрельцова, А.А. Воробьева, А.Б. Капранова

Научный руководитель – А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается пример моделирования скорости частиц смешиваемых сыпучих компонентов при взаимодействии с билами, которые имеют спиральную навивку на цилиндрическую поверхность смесительного барабана.

Ключевые слова: *процесс смешивания, сыпучие компоненты, смесительный барабан, лента, гибкие элементы, скорость.*

TO CALCULATION OF SPEEDS OF PARTICLES OF MIXING BULK COMPONENTS IN MOMENT OF INTERACTION WITH BEATS

D.A. Strel'tsova, A.A. Vorob'yeva, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor - A.B. Kapranova, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

An example of simulating the velocity of particles of mixed bulk components is discussed when interacting with beats that have a helical winding on the cylindrical surface of the mixing drum.

Keywords: *mixing process, loose components, mixing drum, tape, flexible elements, speed.*

Стохастическое описание процесса смешивания сыпучих компонентов [1-3] предполагает моделирование зависимости скорости движения их частиц от конструктивных и режимных параметров конкретного смесительного элемента. Например, применение смесительных цилиндрических барабанов с гибкими билами, которые спирально закреплены на его поверхности, позволяет смешивать даже увлажненные сыпучие компоненты, а также склонные к адгезии и слипанию [4]. Основной

сложностью поиска искомой скорости частицы i-го компонента ($i = 1,..,n_k$) при взаимодействии с j-ым билом ($j = 1,..,n_b$) является моделирование траектории движения конца гибкого элемента – точки D_j .

Рассматривая проекции всех гибких элементов в выделенный момент времени на плоскость поперечного сечения цилиндрического барабана, считается, что концы бил лежат на спиральной кривой $r_s(\theta)$ в полярной системе координат, начало которой связано с осью вращения смесительного элемента. Пусть радиус и длина барабана соответственно равны r_b и L_b, частота его вращения - n_r , длина била - l_b, шаг навивки бил на поверхность барабана - h_s, высота валково-ленточного зазора - h_0. Учитывая, что $r_s(0) = r_b + l_b$, $r_s(\pi/2) = r_b + h_0$ вид кривой $r_s(\theta)$ моделируется в форме [5, 6]

$$r_s(\theta) = r_b + h_0 - (h_0 - l_b)\frac{\exp\eta_1 - \exp\eta_0}{1 - \exp\eta_0}. \qquad (1)$$

где обозначено

$$\eta_0 = h_s / (4L_b), \qquad \eta_1 = 2\eta_0\theta/\pi. \qquad (2)$$

Тогда искомая скорость частицы i-го компонента ($i = 1,..,n_k$) при «срыве» с гибкого била выражается формулой

$$v_{r\theta ij} = \pi n_r r_{sij}(\theta_j) / (30\cos\gamma_j). \qquad (3)$$

Здесь γ_j - угол между радиусом-вектором конца била (точки D_j) и полярной нормалью, который задается выражением согласно [7]

$$\gamma_j = \mathrm{arctg}\left[\frac{1}{r_s(\theta_j)}\left|\frac{dr_s(\theta)}{d\theta}\right|_{\theta_j}\right], \qquad (4)$$

$\theta_j = \alpha_j + \psi_j$ - угловая координата точки D_j; α_j и ψ_j - характеристические углы. Используя упрощенный вариант формулы (1) и зависимость (4) в виде

$$r_s(\theta) = r_b + h_0 - (1 - 8\eta_0\theta)(h_0 - l_b). \qquad (5)$$

получим связь между углом γ_j и угловой координатой θ_j

$$\gamma_j(\theta_j) = \mathrm{arctg}\left[\frac{8\eta_0(l_b - h_0)}{r_b + h_0 + (1 - 8\eta_0\theta_j)(l_b - h_0)}\right], \qquad (6)$$

где после разложения функции арккосинуса в ряд Маклорена до $O(\theta_j^2)$

$$\theta_j = \left\{1 + G_0 G_1^{-1/2}\left[8\eta_0(l_b - h_0)\right]^2\right\}^{-1} \times$$
$$\times\left[\pi/2 - \arcsin\left\{\left[r_b\eta_3 + (\eta_2{}^2 + r_b{}^2\eta_3)^{1/2}\cos\delta_j\right]/\eta_2\right\}\right], \quad (7)$$

при обозначении $\eta_2 = r_b + h_0$, $\eta_3 = 1 - \cos^2\delta_j$,

$$G_0 = (\eta_2{}^2 + r_b{}^2\eta_3)^{-1/2}\cos\delta_j - \eta_2{}^{-2}\left[r_b\eta_3 + (\eta_2{}^2 + r_b{}^2\eta_3)^{-1/2}\cos\delta_j\right], \quad (8)$$

$$G_1 = \eta_3 - (r_b + l_b)^{-2}\left\{r_b\eta_3[r_b\eta_3 + 2(\eta_2{}^2 + r_b{}^2\eta_3)^{-1/2}\cos\delta_j] + r_b{}^2\eta_3\cos^2\delta_j\right\}. \quad (9)$$

Итак, с помощью (3) выполнено моделирование скорости частицы i-го компонента ($i = 1,..,n_k$) при ее «срыве» с гибкого била.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование ударного смешивания твердых дисперсных сред при вторичных столкновениях частиц / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. Иваново, 2013. Т. 56, вып. 6. С. 83-86.

2. *Капранова А.Б.* Об оценке содержания ключевого компонента после ударного рассеивания сыпучих материалов на начальном этапе порционного смешивания / А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Вестник ИГЭУ. № 3. 2016. С. 78-83. (DOI) 10.17588/2072-2672.2016.3.078-083.

3. *Kapranova A.B.* The study of the volume fraction of key component in the second phase of the portion mixing by means of the device of gravity type / A.B. Kapranova, I.I. Verloka // Chemical Engineering -2017 : 3rd International Conference on Chemical Engineering (October 2-4, 2017). Chicago, Illinois, USA, 2017. J. Chem. Eng. Process Technol. V. 8. № 5. P. 59. (DOI) 10.4172/2157-7048-C1-009.

4. *Капранова А.Б.* Влияние влажности сыпучих сред на их распределение в рабочем объеме смесителя с подвижной лентой / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, И.И. Верлока, А.И. Зайцев // Вестник Тамб. гос.техн. ун-та, 2015. Т. 21, № 1. С. 97-104. DOI: 10.17277/vestnik.2015.01.pp.097-104. ISSN 0136-5835.

5. *Капранова А.Б.* Моделирование профиля скоростей движения твердых частиц при срыве с гибких элементов смесителя / А.Б. Капранова, М.Н. Бакин, А.Е. Лебедев // Проблемы ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК - ПРЭТ-2014: Материалы Междунар. науч. конф. Т. 2. Иваново, 2014. С. 303-307.

6. *Бакин М.Н.* Исследование распределения сыпучих компонентов в рабочем объеме барабанно-ленточного смесителя / М.Н. Бакин, А.Б. Капранова, И.И. Верлока // Фундаментальные исследования. № 5 (часть 5), 2014. С. 928-933; URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10003288.

7. *Корн Г.* Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн: пер. с амер. И.Г. Арамановича и др. М.: Наука, 1984. 832 с.

УДК 62-531.3

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ДОСТИЖЕНИЯ ЭФФЕКТА ДРОССЕЛИРОВАНИЯ В РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНАХ

Р.А. Щербаков, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев

Научные руководители – А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, доцент;
А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются основные способы достижения эффекта дросселирования в регулирующих новых клапанах прямоточного типа.

Ключевые слова: *регулирующий клапан, прямоточный клапан, дросселирование, делитель потока.*

BASIC METHODS OF ACHIEVING THE EFFECT OF THROTTLING IN REGULATING VALVES

R.A. Shcherbakov, A.B. Kapranova, A.E. Lebedev

Scientific Supervisors - A.B. Kapranova, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor;
A.E. Lebedev, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The main ways to achieve throttling effect in regulating new valves of a straight-through type are considered.

Keywords: *control valve, flow control valve, throttling, flow divider.*

Эффективность борьбы с нежелательными последствиями кавитационных эффектов (гидравлических и акустических) в проточных частях регулирующих клапанов зависит, в первую очередь, от конструктивных особенностей данных устройств.

Разделяют четыре основных типа клапанов: z-образный, трехходовой, угловой и прямоточный (осевой) [1]. Последний тип имеет ряд преимуществ, среди которых наиболее значительное – достижение несколько бóльших значений пропускной способности клапана по сравнению с

перечисленными при наличии одинакового гидравлического сопротивления [2] в различных направлениях течения рабочей среды.

Дросселирование потока среды в рабочем объеме клапана предполагает обеспечение местного гидравлического сопротивления для управления расходом жидкости при изменении степени закрытия сечения между подвижной и неподвижной частями затвора, при перемещении регулирующей части с набором дроссельных отверстий, при сужении участков с турбулентным режимом течения жидкости и т.д. [2, 3].

Для осевых клапанов характерно применение делителей потока жидкости следующих видов: цилиндрического, многоступенчатого (каскадного) и клеточного. Многообразие дроссельных отверстий не ограничивается круглой формой, встречается не только постоянный, но и переменный вид сечений, клеточные делители могут иметь простую перфорацию, а могут быть выполнены в форме лабиринтов, кроме того, возможно выполнение многоярусных (многоступенчатых) плунжеров.

Например, делитель потока [4] прямоточного клапана, выполненный в виде полого перфорированного цилиндра, отличающийся тем, что внутренний объем корпуса разделен на три камеры - входную, промежуточную и выходную. Камеры отделены друг от друга поверхностями коаксиально размещенных перфорированных полых цилиндров, один из которых - внешний установлен с возможностью поворота и соединен с поворотным приводом при помощи рычага, на поверхностях перфорированных цилиндров выполнены отверстия в виде эллипсов, размещенных кольцевыми рядами.

Другой клапан, относящийся к прямоточному типу имеет перфорированный полый цилиндр, запирающее устройство с приводом поступательного движения в виде реечного механизма [5]. Здесь запирающее устройство представляет собой цилиндроконическую обечайку, коническая часть которой установлена со стороны выходного патрубка, при этом внутренняя поверхность обечайки взаимодействует с внешней поверхностью перфорированного полого цилиндра, который выполнен закрытым с одного торца, а в боковых частях - с поверхностью внутреннего корпуса, причем на внутренней поверхности обечайки, в зоне ее цилиндрической части размещены радиальные перегородки, соединенные с реечным механизмом.

С целью снижения турбулентности и образования застойных зон во внутреннем объеме клапана [5] запирающее устройство выполнено в виде цилиндроконической обечайки, коническая часть которой установлена со стороны выходного патрубка, а перфорированный цилиндр выполнен закрытым с одного торца. Кроме того, такое конструктивное исполнение запирающего устройства позволяет существенно уменьшить гидродинамическое сопротивление его перемеще-

нию и понизить нагрузки в приводе.

Благодаря тому, что перфорированный цилиндр выполнен закрытым с одного торца, полость внутреннего корпуса 10 остается герметичной. С целью снижения массы обечайки и облегчения ее перемещения (свободному перетеканию воздуха в полости внутреннего корпуса) в зоне ее цилиндрической части размещены радиальные перегородки, соединенные с реечным механизмом.

Рассмотренные выше предлагаемые новые конструкции прямоточных регулирующих клапанов [4, 5] отличаются сравнительной простотой, позволяют существенно разгрузить запирающее устройство, снизить нагрузки на привод и уменьшить турбулентность потоков рабочей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арзуманов Э.С.* Гидравлические регулирующие органы систем автоматизированного управления. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.

2. О методах расчета гидравлического сопротивления регулирующих органов при транспортировании однокомпонентных сред / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, С.В. Неклюдов // Фундаментальные исследования. - № 4 (ч. 1), 2016. С. 52-60; URL: http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id =40125.

3. Анализ устройств для уменьшения давления в регулирующих клапанах / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, С.В. Неклюдов // Современные наукоемкие технологии. Москва, 2016. - № 8 (часть 1). С. 68-71. URL: http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=36104

4. Пат. 2618150 РФ, МПК F16K 3/24. Регулирующий клапан прямоточного типа / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, Д.В. Воронин, В.С. Неклюдов, Е.М. Серов. Опубл. 02.05.2017, Бюл. № 13.

5. ПМ 175776 РФ, МПК F16K 1/12, F16K 47/14, F16K 3/24. Прямоточный регулирующий клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, Д.В. Воронин, В.С. Неклюдов, Е.М. Серов. Опубл. 05.12.2017, Бюл. № 34.

УДК 62-531.3

О НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЯХ ЗАДАЧИ ДРОССЕЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ ЖИДКОСТИ В ПРЯМОТОЧНЫХ КЛАПАНАХ

С.В. Неклюдов, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев

Научные руководители – А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, зав-доцент;
А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются наиболее распространенные направления совершенствования конструкций клапанов, нацеленных на предотвращение кавитационных эффектов с примером решения задачи дросселирования в новом регулирующем клапане осевого типа.

Ключевые слова: *регулирующий клапан, клапан осевого типа, кавитация, дросселирование, делитель потока.*

ABOUT NEW CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF THE PROBLEM OF THROTTLING OF LIQUID FLOWS IN DIRECT VALVES

C.V. Neklyudov, A.B. Kapranova, A.E. Lebedev

Scientific Supervisors - A.B. Kapranova, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor;
A.E. Lebedev, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The most common areas of improvement of valve designs aimed at preventing cavitation effects with an example of solving the throttling problem in a new axial-type control valve are considered.

Keywords: *control valve, axial valve, cavitation, throttling, flow divider.*

Резкое падение давления до некоторого критического значения при движении рабочей среды в проточной части регулирующего устройства приводит к гидродинамической кавитации [1] - разрывным течениям

с последующей эволюцией роста и схлопывания образовавшихся газопаровых пузырей. Шумовые эффекты за пределами допустимых санитарных норм (более 85 дБ) в дополнении с вибрацией и эрозией внутренних поверхностей проточной части клапанов относятся к нежелательным явлениям, сопровождающим работу клапана в условиях развития кавитации [1, 2]. Известны два наиболее распространенных направления совершенствования конструкций клапанов, нацеленных на предотвращение кавитационных эффектов: а) сужение турбулентных участков течения рабочей среды (в том числе, с помощью увеличения выходного диаметра клапана и др.); б) управление течением жидкости (в частности, при установке набора проходных сечений меньшего размера вместо одного сечения; при обеспечении регламентного перепада давления в несколько этапов и т.д.) [2, 3]. Последнее направление реализуется применением многоступенчатой конструкции затвора или щелевидных отверстий в его подвижной (неподвижной) частях и т.д.

Рассмотрим новую конструкцию регулирующего клапана осевого типа [4], который содержит корпус, входной и выходной каналы с фланцами, делитель потока, выполненный в виде полого перфорированного цилиндра. Входной патрубок соединяется с кольцевой камерой. Делитель потока представляет собой соосно размещенные друг в друге перфорированные вставки, представляющие собой стаканы с жестко прикрепленными к их торцевым поверхностям кольцевыми пластинами. Внешний стакан и соединенная с ним кольцевая пластина установлены с возможностью поворота относительно продольной оси корпуса. Отверстия в кольцевых пластинах выполнены круговыми рядами, расстояния между которыми увеличиваются от периферии пластины к центру. Оси отверстий наклонены к продольной оси клапана под острым углом. Отверстия в боковых поверхностях стаканов размещены по спирали с переменным шагом, причем оси отверстий имеют переменный угол наклона к оси стаканов, увеличивающийся от выходного патрубка к кольцевым пластинам. В кольцевой камере в зоне установки кольцевых пластин размещен обтекатель. Во внутреннем объеме внутреннего стакана установлено направляющее приспособление.

На кольцевой пластине, прикрепленной ко внутреннему стакану, выполнены ребра жесткости, контактирующие со внутренней поверхностью корпуса, а для поворота внешнего стакана и соединенной с ним кольцевой пластины выполнен рычаг.

Данный регулирующий клапан осевого типа [4] работает следующим образом. При открытом клапане (полностью открытых отверстиях в кольцевых пластинах и стаканах) жидкость поступает через входной патрубок в кольцевую камеру и проходит через отверстия в

кольцевых пластинах. При этом происходит понижение давления. Для повышения эффективности снижения давления жидкости отверстия в кольцевых пластинах размещены круговыми рядами, причем расстояния между рядами увеличиваются от края к центру.

Такое расположение отверстий [4] позволяет также обеспечить равномерное распределение жидкости в потоке и исключить образование турбулентных зон и снизить кавитационные эффекты. Далее поток жидкости проходит через отверстия в стаканах, где происходит вторичное дросселирование потока и последующее понижение давления. Пройдя через отверстия в стаканах, жидкость направляется к выходному патрубку, а затем в трубопровод. Такое образом, в конструкции описанного регулирующего устройства [4] реализуется ступенчатый способ понижения давления. Примеры описаний конструктивных особенностей прямоточных клапанов и результаты опытных испытаний представлены в работах [5, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арзуманов Э.С.* Гидравлические регулирующие органы систем автоматизированного управления. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.

2. О способах оценки критических параметров кавитации в регулирующих органах при транспортировании рабочих сред / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, Е.М. Серов // Фундаментальные исследования. № 3 (часть 3), 2016. С. 488-494; URL: http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40084.

3. О методах расчета гидравлического сопротивления регулирующих органов при транспортировании однокомпонентных сред / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, С.В. Неклюдов // Фундаментальные исследования. - № 4 (ч. 1), 2016. С. 52-60; URL: http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id =40125.

4. Пат. 2620616 РФ, МПК F16K 3/24. Регулирующий клапан осевого типа / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, Д.В. Воронин, В.С. Неклюдов, Е.М. Серов. Опубл.29.05.2017, Бюл. № 16.

5. Разработка конструкции прямоточного регулирующего клапана с верхним расположением запирающего органа / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов, Д.В. Воронин // Современные наукоемкие технологии. Москва, 2017. № 9. С. 48-52. https://top-technologies.ru/ru/article /view?id=36799

6. Анализ устройств для уменьшения давления в регулирующих клапанах / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, С.В. Неклюдов // Современные наукоемкие технологии – Москва, 2016. - № 8 (часть 1). - С. 68-71. URL: http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=36104

УДК 62-531.3

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА СЛУЧАЙНОГО ХАРАКТЕРА МОМЕНТА ИМПУЛЬСА ПУЗЫРЬКА ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ

И.В. Иванцов, А.Б. Капранова

Научный руководитель – А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается пример учета случайного характера момента импульса пузырька при гидравлической кавитации при моделировании энергии одиночной кавитационной полости с помощью стохастического подхода.

Ключевые слова: *регулирующий клапан, гидравлическая кавитация, пузырь, момент импульса, стохастическая энергия.*

PECULIARITIES OF ACCOUNT OF RANDOM CHARACTER OF PULSE MOMENT OF BUBBLE IN HYDRAULIC CAVITATION

I.V. Ivantsov, A.B. Kapranova

Scientific Supervisor - A.B. Kapranova, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

An example of taking into account the random character of the moment of the bubble pulse in the case of hydraulic cavitation during the simulation of the energy of a single cavitation cavity by means of a stochastic approach is considered.

Keywords: *control valve, hydraulic cavitation, bubble, pulse moment, stochastic energy.*

Формирование стохастического описания [1-3] процесса регулирования потоками жидкости в условиях гидродинамической кавитации в рабочем объеме клапана [4] связано с моделированием стохастической энергии кавитационного пузыря. Данная энергия $E(\eta,\xi)$ представляет собой сумму слагаемых, учитывающих зарождение воздушной полости,

оформление свободной поверхности пузыря, его взаимодействие с несущим потоком жидкости, перемещение пузыря вместе с потоком жидкости со скоростью v_L, внутренние вихри для системы пар-газ [2, 3]. Аргументами функции $E(\eta,\xi)$ являются удельные параметры скорости и радиуса пузыря. Последнее из перечисленных выше слагаемых определяется кинетической энергией вихревого движения системы пар-газ внутри образованного кавитационного пузыря в виде выражения

$$E_{im} = M^2 / (2I)\,, \tag{1}$$

где параметр M^2 имеет смысл квадрата случайной компоненты момента импульса указанной сферической полости при обозначении осевого момента инерции

$$I = \frac{8\pi}{15}(\alpha_g \rho_g + \alpha_s \rho_s) r_b^5 \xi^5\,. \tag{2}$$

В выражение (2) входят значения объемных долей, заполненных газом α_g и паром α_s соответственно плотностями ρ_g и ρ_s. Учитывая известное соотношение между давлениями и радиусами кавитационного пузыря [5]

$$\left(\frac{P_{\max}}{P_s}\right)^3 = \left(\frac{r_s}{r_{\min}}\right)^{1/k}, \tag{3}$$

где r_s - радиус пузыря в момент его образования при значении давления насыщенного пара P_s при показателе адиабаты k; $r_{\min}$ - минимальное значение радиуса полости при достижении максимального давления в центре пузыря $P_{\max}$, получим следующее уравнение для отыскания значения параметра M^2 [6]

$$r_b^3 (P_{\max} / P_s)^{1/k} = \frac{1}{N}\int_\Omega r dN\,. \tag{4}$$

При этом поведение сферического кавитационного пузыря описывается в обезразмеренном фазовом пространстве $d\Omega = r_b v_L d\xi d\eta$, где r_b - характерный радиус пузыря. В правой части уравнения (4) содержится усредненный радиус образованного пузыря, который определяется дифференциальной функцией распределения $\Phi(\xi)$ числа пузырьков N по параметру ξ

$$\Phi(\xi) \equiv N^{-1}(dN / d\xi)\,, \tag{5}$$

когда явный вид функции $\Phi(\xi)$ с параметром нормировки A при $d\Omega' = v_L d\eta$ задается интегралом

$$\Phi(\xi) = A\int_{\Omega'} \exp[-E(\eta,\xi)/E_0]d\eta\,. \qquad (6)$$

Здесь энергетический параметр E_0 имеет физический смысл энергии системы образовавшихся кавитационных полостей в момент ее стохастизации. Учет явного вида энергии $E(\eta,\xi)$ кавитационного пузыря в уравнении (4) с помощью выражения

$$E(\eta,\xi) = v_L^2\eta^2 g_1(\xi) + g_2(\xi) \qquad (7)$$

при $g_1(\xi) = c_1[r_b^4\xi^4 + (c_2/c_1)]/(r_b\xi)$; $g_2(\xi) = c_3M^2/(r_b^5\xi^5) + c_4r_b^2\xi^2 + c_5r_b^3\xi^3$ приводит к следующему искомому значению

$$M^2 = r_b^5\left[2c_4r_b^2 + 3c_5r_b^3 + 3E_0\{1 - 2r_b(P_{\max}/P_s)^{1/3k}\}\right]/(5c_3)\,. \qquad (8)$$

Таким образом, выполнено описание случайного характера момента импульса пузырька при гидравлической кавитации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О методах моделирования основных стадий развития гидродинамической кавитации [Электронный ресурс] / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов // Фундаментальные исследования. № 3 (часть 2), 2016. С. 268-273. URL: http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40043.
2. Стохастическая модель процесса образования кавитационных пузырей в проточной части регулирующего клапана / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов // Вестник ИГЭУ. № 4. 2016. С. 24-29. (DOI) 10.17588/2072-2672.2016.4.024-029.
3. *Kapranova A.B.* The definition of the integral characteristics of the process of formation of cavitation bubbles when operating the control valve / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, AM. Melzer // Chemical Engineering-2017: 3rd International Conference on Chemical Engineering (October 2-4, 2017). Chicago, Illinois, USA, 2017. J. Chem. Eng. Process Technol. V. 8. № 5. P. 58. (DOI) 10.4172/2157-7048-C1-009.
4. *Арзуманов Э.С.* Гидравлические регулирующие органы систем автоматизированного управления. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.
5. *Исаченко В.П.* Теплообмен при конденсации. М.: Энергия, 1977. 240 с.
6. К расчету случайной компоненты момента импульса кавитационного пузыря при работе регулирующего органа / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.В. Неклюдов // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-29: сб. трудов 29-й Междунар. науч. конф. в 12 т. Т. 5. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т; Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), СПбПУ, СПИИРАН; Самара: Самарск. гос. техн. ун-т, 2016. С. 43-46.

УДК 621.929.6

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В УСТРОЙСТВЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис

Научный руководитель - М.Ю. Таршис, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Приводятся результаты экспериментальных исследований устройства непрерывного действия с дополнительными перемешивающими лопастями. Устанавливаются доминирующие механизмы процесса смешивания. Построена кривая изменения коэффициента неоднородности сыпучей смеси по длине смесителя.

Ключевые слова: *смеситель, сыпучие материалы, сегрегация, кривая смешивания, коэффициент неоднородности.*

THE RESEARCHING OF GRAIN MATERIALS MIXING PROCESS MECHANISMS IN THE CONTINUOUS ACTION DEVICE

S.N. Cherpitskiy, M.Yu. Tarshis

Scientific Supervisor - M.Yu. Tarshis, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The results of experimental researches of the continuous action device with the additional mixing blades are given. The dominant mechanisms of a mixing process are established. The mixing curve of the heterogeneity coefficient change of a grain mix on length of the mixer is constructed.

Keywords*: the mixer, grain materials, segregation, curve of mixing, heterogeneity coefficient.*

Экспериментальные исследования процесса смешивания сыпучих материалов предшествуют построению его математического описания,

состоящего в установлении функциональной связи критерия качества получаемой смеси и основных параметров смесителя и компонентов смеси. С другой стороны, при экспериментальных исследованиях смесительного устройства важным этапом является установление ведущих механизмов процессов смешения, происходящих внутри его рабочего объема. Этот этап имеет особое значение при выборе метода математического описании процесса смешивания, определяет эффективность моделирования, адекватность модели.

В данной работе приводятся результаты экспериментальных исследований смесителя сыпучих материалов непрерывного действия [1], работающего в режиме «переката». Одной из основных причин снижения эффективности смесителей такого типа в процессе их работы является сегрегация компонентов смеси по физико-механическим свойствам. Причина сегрегации заключается в том, что более плотные частицы поверхностного потока просачиваются через слой более крупных частиц, как сквозь сито. Более плотные и (или) более мелкие частицы локализуются в центре циркуляции материала, а остальные частицы оказываются в поверхностном слое и слое, прилегающем к стенке корпуса смесителя. Рабочая камера смесителя [1] выполнена в виде соединенных между собой эластичных камер (покрышек), установленных внутри цилиндрического корпуса, имеющих Г – образные надрезы, позволяющие отогнуть элементы бортов и зафиксировать их под определенными углами к оси камеры в виде лопастей. Углы наклона лопастей чередуются таким образом, что они поочередно работают на проталкивание и возврат материала. Лопасти, проходят через центр циркуляции частиц и разрушают ядро сегрегации, что, в конечном счете, приводит к повышению однородности получаемой смеси.

Установка для исследования смесителя включает горизонтальный корпус, разделенный на секции прозрачными перегородками. Корпус установлен жестко внутри колец, которые размещены на валках привода. Загрузка компонентов осуществляется через входной патрубок, а выгрузка – в приемную емкость. Внутри каждой секции размещены рабочие ступени с лопастями, которые установлены под определенными углами к оси корпуса смесителя. Перед включением привода, в корпусе устанавливаются рабочие секции. Таким образом, собирается установка, включающая необходимое число секций (загрузочную и несколько основных). После включения привода смесителя компоненты, поступающие через загрузочный патрубок, заполняют секции корпуса, смешиваются и разгружаются в приемный бункер. Определение качества (однородности) смеси в сечениях смесителя осуществляется при анализе распределений контрастных частиц смеси на поверхности, которая фиксируется через прозрачные кольцевые перегородки с помощью фотокамеры методом,

изложенным в [2,3]. Прозрачные перегородки снимаются по мере проведения анализа однородности смеси, в тех сечениях, где они установлены (начиная от разгрузочной секции – к загрузочной). Таким образом, получают кривую изменения однородности в сечениях смеси по длине L корпуса смесителя.

При исследованиях, использован смеситель, внутренний диаметр секций которого составлял 230мм. Количество секций – 4. Смешивались компоненты (рапс и просо) имеющие средние диаметры частиц, соответственно: $d_1 = 1,75$мм; $d_2 = 2,25$мм и насыпные плотности $\rho_1 = 660$ кг/м^3; $\rho_2 = 840$ кг/м^3. Углы наклона к оси корпуса лопастей, проталкивающих материал и возвращающих его, составляют соответственно: 45˚ и 15˚. Средняя концентрации первого компонента в смеси: $c = 0,2$. На рис. 1 показана кривая изменения однородности смеси по длине смесителя.

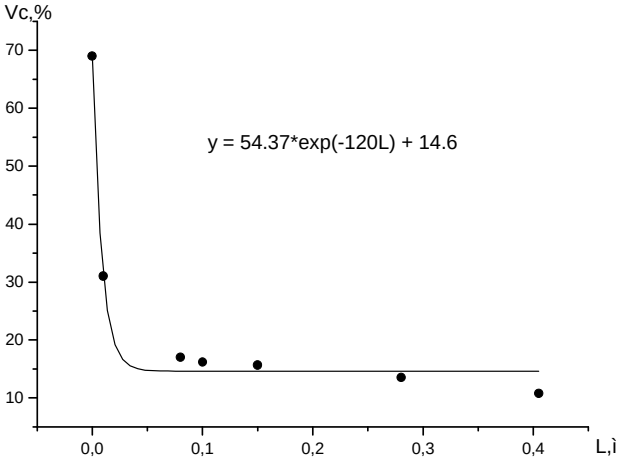


Рис. 1. Зависимость значения коэффициента неоднородности смеси от расстояния до места её загрузки

При оценке типа доминирующего механизма исходили из того, что кривая смешивания, соответствующая диффузионному механизму процесса, должна быть аппроксимирована экспонентой с высокой степенью точности. В качестве критерия соответствия было принято корреляционное отношение, которое для приведенного случая составило 0,99. На рис.

2 показана часть кривой расположенная, в практически важном диапазоне значений коэффициента неоднородности смеси.

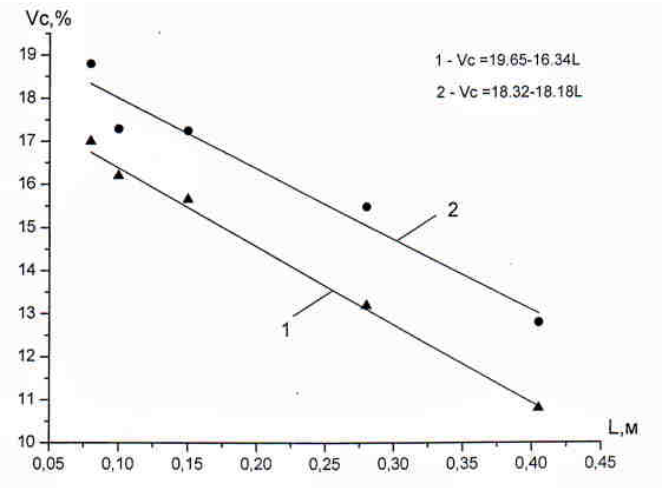


Рис. 2. Зависимость коэффициента неоднородности смеси от расстояния до места её загрузки в практически важном диапазоне исследований

Зависимость 1 построена для средней концентрации первого компонента в смеси: $c = 0,2$, а зависимость 2 для средней концентрации первого компонента $c = 0,8$. В этом диапазоне значений хорошую сходимость дает линейная аппроксимация экспериментальных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2618065 Российская Федерация / М.Ю. Таршис, С.Н. Черпицкий, Л.В. Королев, А.И. Зайцев. Опубл. 02.05.2017, Бюл. № 13.

2. *Королев Л.В.* Метод оценки качества смешения сыпучих материалов по распределению частиц в плоском сечении рабочего объема / Л.В. Королев, М.Ю. Таршис // Изв. вузов. Хим. и хим. технология. 2002 . Т. 45, № 1 . С. 98-100.

3. *Таршис М.Ю.* Исследование качества сыпучей смеси. Моделирование. Критерии. Эксперимент / М.Ю. Таршис, Л.В. Королев, А.И. Зайцев. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2015. 116 с.

УДК 621.929.6

К РАСЧЕТУ МОЩНОСТИ ПРИВОДА БАРАБАННО-ЛЕНТОЧНОГО УСТРОЙСТВА

С.С. Аникеев, С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис

Научный руководитель - М.Ю. Таршис, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Приводится расчёт мощности привода барабанно-ленточного устройства для переработки сыпучих материалов. Расчет усилий в ветвях бесконечной ленты выполнен методом обхода контура по характерным точкам.

Ключевые слова: *барабанно-ленточное устройство, мощность привода, метод обхода контура.*

FOR DRIVE CAPACITY CALCULATION OF THE DRUM-TAPE DEVICE

S.S. Anikeev, S.N. Cherpitskiy, M.Yu. Tarshis

Scientific Supervisor - M.Yu. Tarshis, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

A drive capacity calculation of the drum-tape device for processing grain materials is resulted. The account of efforts in the branches of an infinite tape is executed by the method of a contour on characteristic points detour.

Keywords: *the drum-tape device, capacity of a drive, method of a contour detour.*

Появление новых, эффективных барабанно-ленточных устройств для переработки сыпучих сред (смесителей, грануляторов и других) [1, 2] диктует необходимость разработки соответствующих критериев их эффективности. При этом мощность привода технического устройства является основным параметром, который должен учитываться при формировании таких критериев. Поэтому определение мощности, потребляемой техническим устройством, является одним из наиболее важных

этапов его проектирования. На рис. 1 показана схема барабанно-ленточного устройства [1]. Оно включает бесконечную ленту, огибающую ролики 1-4, расположенные внутри контура ленты и диски 5, ограничивающие вместе с лентой рабочий объём.

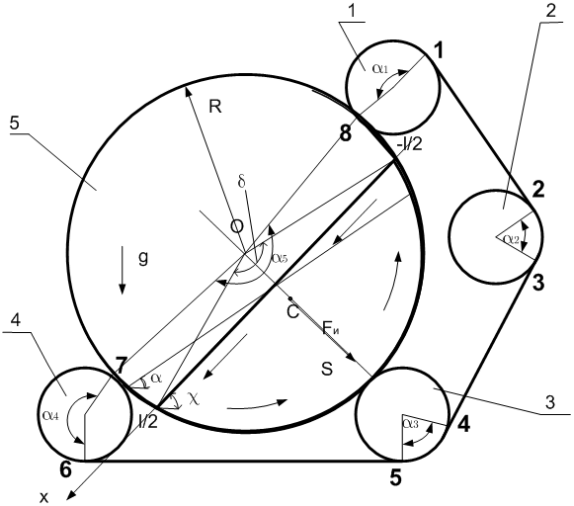


Рис. 1. Схема ленточного устройства

При расчетах необходимо учесть как мощность, затрачиваемую на движение рабочей ленты, так и - связанную с циркуляцией перерабатываемого материала:

$$N = \kappa_з v_л (W_8 - W_1)/\eta + N_ц, \qquad (1)$$

где $\kappa_з = 1{,}1$ - коэффициент запаса мощности, $v_ё$ - линейная скорость ленты, η - к.п.д. устройства, W_8 и W_1 - усилия в набегающей и сбегающей ветвях ленты.

Рассмотрим формирование первой части мощности в выражении (1). Усилия W_8 и W_1 можно определить тяговым расчетом, методом обхода контура ленты по точкам [3]. При этом суммируются силы сопротивления, возникающие при движении ленты на участках между характерными точками (1-8). Рассмотрим подробнее расчет этих сил.

Силы сопротивления неподвижной опоры ролика:

$$W_{coi} = (q_0 + q_p + Q) g L_{i,i-1} w, \qquad (2)$$

где $q_0 = \rho_л B \delta_л$ - распределенная масса рабочей ленты шириной B, $\rho_л$ - плотность материала ленты, $\delta_л = \delta_п i_п + \delta_0$ - толщина ленты, $\delta_п$ - толщина

обкладки, δ_0 - суммарная толщина обкладок ленты, $q_p = m_p / H$ - распределенная масса вращающейся части ролика, $L_{i,i-1}$ - длина участка $i, i-1$ по горизонтали.

Сила сопротивления движению на ролике в точке i, связанная с перегибом ленты:

$$W_{n_i} = W_{i-1} w \sin(\alpha_1 / 2), \qquad (3)$$

где w - коэффициент сопротивления движению ленты, зависящий от условий работы устройства.

Силы сопротивления изгибу ленты, связанные с гистерезисными потерями:

$$W_{изг} = \kappa_л B i_n, \qquad (4)$$

где i_n - число слоев ленты, $\kappa_л$ - коэффициент изгибной жесткости.

Силы сопротивления от веса участков ленты (при подъеме или опускании) на участке $i, i-1$, высотой $H_{i,i-1}$:

$$W_{G_{1\text{-}2}} = q_0 g H_{i,i-1}, \qquad (5)$$

Силу сопротивления на опоре дисков 5, возникающую из-за инерционных эффектов, можно записать применяя принцип Даламбера, следующим образом:

$$W_{èí} = m_3 \omega^2 y_c w = m_3 \omega^2 (4R/3) + w \sin^3 \delta / (2\delta - \sin 2\delta), \qquad (6)$$

где m_3 - масса загрузки, $y_c = (4R/3)\sin^3 \delta / (2\delta - \sin 2\delta)$ - расстояние от центра диска 5 до центра тяжести перерабатываемого материала С, ω - угловая скорость дисков 5, R - радиус дисков 5, δ - угол загрузки.

Так как усилие в любой из точек (2-8) определяется усилием в предыдущей точке, то:

$$W_8 = c_1 + c_2 W_1, \qquad (7)$$

где c_1, c_2 - постоянные.

Второе равенство для определения натяжений W_8 и W_1 может быть получено из условия отсутствия проскальзывания ленты на барабане 1 (уравнения Эйлера):

$$W_8 - W_1 = (W_1 / k_{сö})(e^{\mu\alpha_1} - 1), \qquad (8)$$

где $k_{сц}$ - коэффициент сцепления, $e^{\mu\alpha_1}$ - полный тяговый коэффициент.

Определение начального натяжения в сбегающей ветви осуществляется исходя из равенства деформаций в сбегающей и набегающей ветвях устройства: $W_c = (W_1 + W_8)/2$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Таршис М.Ю.* Теория и принципы моделирования процесса смешивания сыпучих материалов и создания устройств с гибкими элементами для его реализации / М.Ю. Таршис, Л.В. Королев, А.И. Зайцев: монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2011. 100 с.

2. Пат. 2471540 Российская Федерация. Смеситель сыпучих материалов / М.Ю. Таршис, А.И. Зайцев, Л.В. Королев, М.В. Волков. Опубл. 10.01.13, Бюл. № 1.

3. *Зенков Р.Л.* Машины непрерывного транспорта / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов. М.: Машиностроение, 1987. 432 с.

УДК 621.876

ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕРЖНЯ В ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ

В.А. Стаблецкий, А.В. Лакуцевич, Д.П. Шкудун

Научный руководитель – Д.А. Гринюк, канд. техн. наук, доцент

Белорусский государственный технологический университет

На базе разработанной установки исследуются динамика изменения температуры в различных точках металлического стержня. Рассмотрены различные варианты передаточных функции для аппроксимации переходных процессов

***Ключевые слова**: экспериментальные передаточные функции, динамика температуры*

DYNAMICS TEMPERATURE OF METALLIC ROD IN AIR FLOW

V.A. Stabletsky, A.V. Lakutsevich, DP Shkudun

Scientific Supervisor – D.A. Grinyuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Belarusian State Technological University

Based on the developed installation, the dynamics of the temperature change at various points of the metal rod is studied. Various variants of transfer functions for approximation of transients are considered

***Keywords:** experimental transfer functions, temperature dynamics*

В современных условиях большое распространение получили непрерывные технологические процессы большой мощности со сложными комплексами энергетических и материальных потоков. Все реальные объекты управления, в которых протекают данные процессы, характеризуются определенной пространственной протяженностью, и как следствие этого, не только зависимостью управляемых величин от времени, но и распределенностью по пространственной области, занимаемой объектом. По сравнению с системами с сосредоточенными параметрами принципиально расширяется класс управляющих воздействий, прежде всего

за счет возможности включения в их число пространственно-временных управлений. В роли управляемой величины в такой ситуации необходимо рассматривать все пространственное распределение функции состояния объекта, т.е. ее значение во всех точках занимаемой объектом пространственной области на всем протяжении процесса во времени. При исследовании динамических систем достаточно часто пренебрегают их размерами, считая, что речь идёт о некоторых материальных точках, обладающих определёнными физическими свойствами, но не имеющих геометрических размеров. В то же время, существует широкий класс объектов, для которых такое пренебрежение приводит к качественно неверным результатам моделирования. Изучение подобных объектов — с распределенными параметрами — должно осуществляться с учётом их пространственной протяженности.

Основными формами представления распределенных объектов (систем), как и в случае систем с распределенными параметрами, являются представление в виде дифференциальных уравнений в частных производных, представление в виде передаточных функций, представление в виде временных характеристик, представление в виде частотных характеристик.

Температура является распределенным параметром и часто используемым параметром при управлении технологических процессов. Изучение процесса теплопроводности, т.е. процесса передачи тепла от одной части тела к другой или от одного тела к другому, находящемуся в соприкосновении с первым, по своей сущности требует применения специального математического аппарата.

Методика проведения эксперимента. С целью исследования аспектов управления тепловыми объектами с распределенными параметрами разработан стенд (рис. 1). Он состоит: из вентилятора, который обеспечивает конвективный теплообмен; железного стержня, помещенного в пластиковую трубу; электрического нагревателя, который может греть один из концов стержня. Центральным элементом электронной части стенда является контроллер Arduino. К нему подключено пять датчиков температуры, четыре из которых контролируют температуру по длине стержня, а пятый температуру воздуха на выходе. В объекте имеются в наличии две возможности изменения гидродинамических и температурных режимов работы объекта: изменения частоты вращения вентилятора, изменения мощности на нагревателе. На базе Arduino была реализована система стабилизации частоты вращения, температуры около нагревателя, которая одновременно позволяла выдавать информации о текущей частоте. Гидродинамику около стержня формировали с помощью компьютерного вентилятора 8015S-3 (1600 об/мин). Информацию о температуре получали с помощью датчиков KTY 81/110.

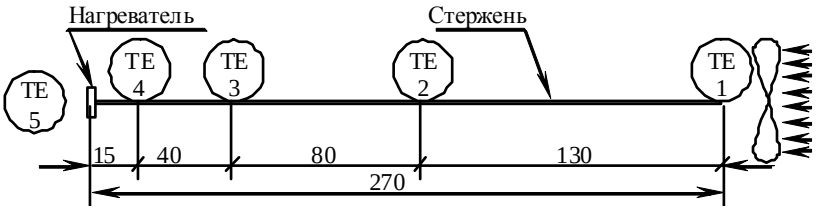


Рис. 1. Геометрия стенда

Исследования динамики производилось поэтапно для каждого управляющего воздействия с разбиением всего управляющего диапазона на 3-4 отдельных диапазона. Между тактами активного эксперимента делали выдержки времени для установления стационарности процесса. Делались отдельные такты по увеличению управляющего параметра так и по его уменьшению. Результаты проведения активного эксперимента передавались на компьютер для математической обработки и адаптации к модельным решениям. Примеры переходных процессов можно видеть на рис. 2.

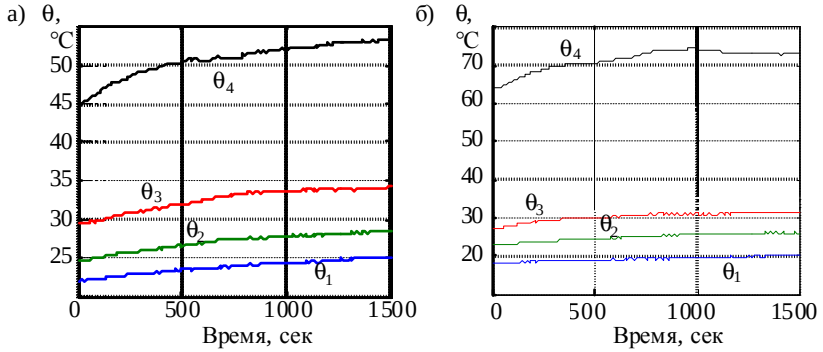


Рис. 2. Динамика температуры в разных точках: при изменении с частоты 0% на частоту 25,5% (а); при изменении температуры нагревателя с 312 °С до 270 °С

Переходные процессы аппроксимировались передаточными функциями вида путем минимизации среднеквадратического отклонения (СКО) поисковым алгоритмом.

$$W(p) = \frac{kp}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)^n} \qquad (1)$$

и

$$W(p) = \frac{k}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \exp(-\tau p) \qquad (2)$$

Использование формулы (1) приводила к меньшим значением СКО чем при (2). При этом, чем больше *n* тем меньше СКО (табл. 1, рис. 3). Проявление динамики точек в зависимости от расположения относительно нагревателя различны. Анализ таблицы 2 по соотношению между T_1/T_2 показывает, что передаточная функция (1) не является универсальной. Для датчика у нагревателя вторая постоянная времени практически не проявляется.

Таблица 1. СКО между экспериментальными данными и аппроксимацией

	1	2	3	5	9
1	1,516794	1,48784	1,83319	1,48171	1,48363
2	1,860959	1,66836	2,58108	1,55669	1,52769
3	2,041848	1,67723	3,43745	1,51361	1,48421
4	8,110907	8,11090	8,11090	8,11090	8,11090

Таблица 2. Соотношение между постоянными времени T_1/T_2

n	1	2	3	5	9
θ_1	14,8790	30,435	70,717	72,7962	137,709
θ_2	7,63766	16,179	42,417	40,5791	72,6777
θ_3	3,22534	7,2336	27,599	19,2987	36,3326
θ_4	1,4304e+09	1,4304e+09	1,4304e+09	6,7047e+08	9,6688e+08

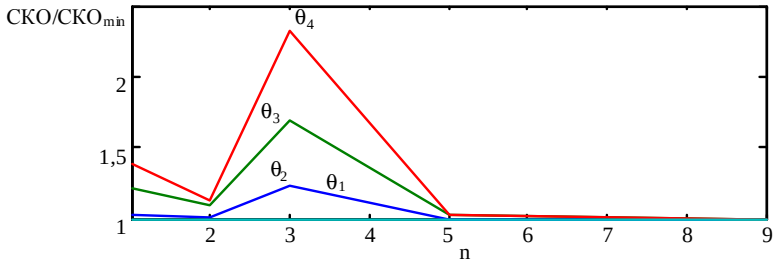


Рис. 3. Зависимость СКО/СКО$_{min}$ от порядка передаточной функции

Заключение. Выбор точки контроля температуры существенно влияет на вид оптимальной передаточной функции аппроксимации. Использование нескольких датчиков температуры позволяет восстановить профиль распределения температуры, может позволить проинтегрировать выделяемую мощность и применить данный параметр для использования в системах управления и стабилизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фарлоу С.* Уравнения с частными производными для научных работ- нннов и инженеров: Пер. с англ. / С. Фарлоу. М.: Мир, 1985.384 с.
2. *Шевяков А.А.* Управление тепловыми объектами с распределенными параметрами / А.А. Шевяков, Р.В. Яковлева. М.: Энергоатомиздат, 1986. 208 с.
3. *Marozava M.* Experimental study of the variation dynamic's for air heat exchanger/ M. Marozava, D. Hryniuk // Science-Future of Lithuania, Vilnius: Vilnius Gediminas Technical University. 2017. Т. 9. № 3. С. 297-302.

УДК 539.3

МЕТОД ХРУПКИХ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ В ИССЛЕДОВАНИИ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ

А.С. Агеев, Н.В. Бадаева

Научный руководитель – Н.В. Бадаева, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается определение напряжений и деформаций на поверхности детали методом хрупких тензочувствительных покрытий.

Ключевые слова: *хрупкие тензочувствительные покрытия, деформации, напряжениея.*

METHOD OF FRAGILE TENZOSENSITIVE COATINGS IN THE INVESTIGATION OF STRESSES AND DEFORMATIONS

A.S. Ageev, N.V. Badaeva

Scientific Supervisor – N.V. Badaeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The definition of stresses and deformations on the surface of a part by the method of brittle tensosensitive coatings.

Keywords: fragile strain-sensitive coatings, deformation, stresses.

Задачи экспериментального изучения распределения деформаций и напряжений в деталях машин или элементах сооружений играют важную роль в инженерном деле. Одним из методов исследования напряжений и деформаций является метод хрупких тензочувствительных покрытий.

Метод хрупких тензочувствительных покрытий является простым и эффективным методом экспериментального исследования деформаций и напряжений на поверхности деталей, узлов конструкций и моделей при статическом и динамическом нагружении. С его помощью можно оцени-

вать величину деформации, определять зоны концентрации напряжений и направления главных деформаций. Этот метод заключается в наблюдении трещин, образующихся при нагрузке или разгрузке детали в тонком слое хрупкого покрытия, предварительно нанесенного на исследуемую поверхность. Его появление связано с наблюдением за поведением окалины и пленок окислов на поверхностях деформируемого металла. Было замечено, что в результате формоизменения эти естественные покрытия разрушаются, отражая процесс течения металла. Тонкое покрытие прочно связано с поверхностью детали, поэтому деформации в точках покрытия и соответствующих точках поверхности одинаковы. Трещина в хрупком покрытии возникает при некоторой величине относительного удлинения создаваемого в месте образования трещины при нагружении детали. Величина относительной деформации, при которой образуется трещина, называется постоянной покрытия. Она определяется путем тарировки с помощью стандартной балки в условиях одноосного растяжения. Чем стабильнее тензочувствительность покрытия, тем точнее можно произвести оценку деформаций, возникающих в детали. Трещины в покрытии возникают в зонах действия растягивающих напряжений. Вместе с тем, если нанести покрытие на поверхность деформированной детали и после полимеризации произвести разгрузку, то образовавшиеся трещины выявят области сжимающих напряжений. Зоны концентрации напряжений определяют по степени сгущенности сетки трещин.

К настоящему времени известны хрупкие покрытия трех основных типов:

1. Канифольное покрытие. Сюда относится канифольное покрытие с растворителем, наносимое в жидком виде, как лак, а также канифольное покрытие без растворителя, которое наносится наплавлением или газоплазменным напылением.

2. Эмалевое покрытие. Оно используется для исследования деформаций при повышенных температурах.

3. Оксидное покрытие.

Величина тензочувствительности хрупких покрытий и точность оценки уровня напряжений зависят от типа и состояния покрытия, условий и способов его нанесения, условий формирования покрытия на поверхности детали и условий испытания.

Ранее, при испытаниях элементов конструкций в условиях неэкстремальных температур применяли различные виды тензочувствительных покрытий с весьма малой стабильностью. С их помощью можно было получить лишь качественные выводы о характере напряженно-деформированного состояния поверхности детали. Усовершенствование метода было достигнуто с применением покрытий из обработанной канифоли (обработка окисью цинка или окисью бария), растворенной в

сероуглероде. Лаковое покрытие наносится на очищенную и обезжиренную поверхность детали мягкой кистью или пульвелизатором. Толщина слоя составляет 0,05-0,1 мм. Покрытие наносится при комнатной температуре и сушится в течение суток. Для получения количественных результатов покрытие одновременно наносится на поверхность испытуемой детали и на поверхность тарировочного образца, представляющего из себя консольно закрепленную балочку, изготовленную из стали с высоким пределом пропорциональности. Нагружая тарировочный образец и отслеживая нагрузку, соответствующую появлению первых трещин, несложно определить величину деформации в данный момент, то есть постоянную покрытия. Хрупкие покрытия на канифольной основе позволяют проводить исследования при температуре не выше 50 ^{0}С. При более высокой температуре такое покрытие размягчается.

Эмалевое покрытие, которое перед нанесением, представляет из себя взвесь мелкодисперсного порошка керамики, наносится на исследуемую деталь пульверизатором или путем погружения детали. Нанесенный слой подсушивается, а затем деталь нагревается до температуры 500-600 ^{o}С . При этом происходит оплавление покрытия и обеспечивается его хорошая адгезия с поверхностью детали.. К недостаткам такого покрытия можно отнести сложность его приготовления и нанесения на поверхность детали. Кроме того, температурные условия их нанесения могут выдержать не все конструкционные материалы.

Разработки в этой области позволили получить покрытие со стабильными характеристиками путем оксидирования алюминиевой фольги, которая при испытании наклеивается на деформируемую деталь. Анодное оксидирование деталей из алюминия и его сплавов в электролитах на основе серной, щавелевой, хромовой и других кислот используется в промышленности для получения защитных, изоляционных и декоративных покрытий, а также для других целей. Поскольку оксидный слой, получаемый при электрохимической обработке алюминия и его сплавов, отвечает требованиям, предъявляемым к хрупким тензочувствительным покрытиям, данный вариант реализации метода оказался весьма удачным. Оксидное тензочувствительное покрытие можно получить непосредственно на поверхности детали, если она изготовлена из алюминия и его сплавов. Способ заключается в нанесении слоя алюминия на поверхность детали с последующим его оксидированием. Наиболее универсальным является способ, в соответствии с которым на поверхность детали наклеивается предварительно оксидированная алюминиевая фольга.

Метод хрупких тензочувствительных покрытий может считаться одним из самых простых и наглядных методов исследования напряженно-деформированного состояния поверхности нагруженных деталей. Вместе с тем, простота реализации характерна лишь для покрытий на

канифольной основе, а они хорошо демонстрируют только качественную картину распределения деформаций. Получение количественных характеристик напряженно-деформированного состояния требует очень тщательного нанесения слоя лака и последующей тарировки, либо использования покрытия из эмали или оксидного. В этом случае говорить о простоте метода уже нельзя. Метод хрупких тензочувствительных покрытий, как правило, используется в сочетании с другими, более точными экспериментальными методами.

Метод хрупких тензочувствительных покрытий позволяет одним покрытием исследовать всю поверхность объекта, выявить зоны, имеющие наибольшие деформации (напряжения) и мало нагруженные, определить направления главных деформаций (напряжений), провести качественный анализ напряжений, возникающих в детали. Низкая точность при количественных определениях деформаций и напряжений, ползучесть покрытия и большая чувствительность к атмосферным условиям, возможность самопроизвольного растрескивания при резком изменении температуры являются недостатками метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров А.В.* Сопротивление материалов/ А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин. М.: Высш. школа, 1995. 346 с.
2. *Смирнов А.Ф.* Сопротивление материалов / Под ред. А.Ф. Смирнова. М.: Высш. школа, 1975. 480 с.
3. Экспериментальная механика: в 2-х книгах. Книга 2. / Пер. с англ.; под ред. А. Кобаяси. М.: Мир, 1990.
4. *Пригоровский Н.И.* Метод хрупких тензочувствительных покрытий / Н.И. Пригоровский, В.К. Панских. М.: Наука, 1982.

УДК 539.3

К РАСЧЕТУ БАЛОК ИЗ РАЗНОМОДУЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д.С. Ильичев, Н.В. Бадаева

Научный руководитель – Н.В. Бадаева, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрен метод расчета балок из материалов с различными модулями упругости при растяжении и сжатии.

***Ключевые слова**: балка, модуль упругости, деформации, напряжения, приведенный модуль упругости.*

TO THE CALCULATION OF BEAMS FROM DIFFERENT MATERIALS

D.S. Il'ichev, N.V. Badaeva

Scientific Supervisors – N.V. Badaeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The method for calculating beams from materials with various elastic moduli under tension and compression is considered.

***Keywords**: beam, modulus of elasticity, deformation, stress, reduced elastic modulus.*

Некоторые материалы, например, пластмассы, бетон, имеют различные модули упругости при растяжении и сжатии. Обозначим модуль упругости при растяжении Ер, а при сжатии E_c.

При изгибе бруса из разномодульного материала в пределах упругих деформаций нейтральная ось не проходит через центр тяжести сечения.

На рис. 1, а показан элемент балки длиной dz с прямоугольным поперечным сечением. Нейтральная ось разделяет сечение на две неравные части с высотами h_1 и h_2.

На рис. 1, б показана эпюра относительных деформаций. В растянутой зоне на расстоянии y_1 от нейтральной оси относительная деформация определяется выражением

$$\varepsilon_{\text{р}} = y_1 \frac{d\varphi}{dz}, \tag{1}$$

Соответственно в сжатой зоне

$$\varepsilon_{\text{с}} = y_2 \frac{d\varphi}{dz}, \tag{2}$$

На рис. 1, в показана эпюра напряжений. Вследствие того, что модули упругости различны, эта эпюра имеет излом. Напряжения в растянутой

$$\sigma_{\text{р}} = E_{\text{р}} \frac{d\varphi}{dz} y_1, \tag{3}$$

а в сжатой

$$\sigma_c = E_c \frac{d\varphi}{dz} y_2 , \tag{4}$$

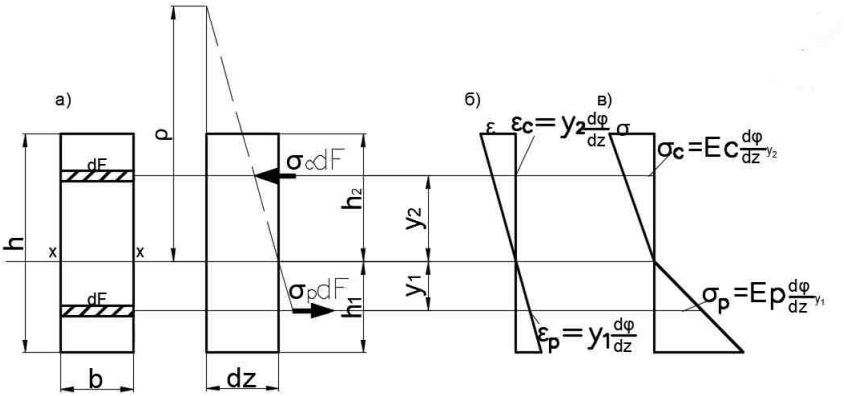


Рис. 1:

а) Элемент балки длинной dz с прямоугольным поперечным сечением;
б) Эпюра относительных деформаций;
в) эпюра напряжений

Так как при изгибе нормальная сила равна нулю, то

$$\int_F \sigma \, dF = \int_{F_1} \sigma_{\text{р}} dF + \int_{F_2} \sigma_{\text{с}} dF = 0, \tag{5}$$

$$\int_{F_1} \frac{d\varphi}{dz} y_1 dF + \int_{F_2} \frac{d\varphi}{dz} y_2 dF = 0, \tag{6}$$

После сокращения на $\frac{d\varphi}{dz}$

$$E_1 \int_{F_1} y_1\, dF + E_2 \int_{F_2} y_2\, dF = 0, \qquad (7)$$

Интегралы, входящие в это выражение, представляют собой статические моменты соответствующих площадей относительно нейтральной оси, тогда

$$S_{\text{прив}} = S_1 + \frac{E_c}{E_p} S_2 = 0 \qquad (8)$$

В отличие от задач изгиба стержня с постоянным модулем упругости, для таких стержней равен нулю не статический момент всей площади сечения относительно центральной оси, а приведенный статический момент, следовательно, нейтральная ось не проходит через центр тяжести сечения.

Положение нейтральной оси определяется из уравнения 8.

Момент внутренних сил можно определить:

$$M_x = \int_F y(\sigma dF) = \int_{F_1} y_1 (E_1 \frac{d\varphi}{dz} y_1) dF + \int_{F_2} y_2 (E_2 \frac{d\varphi}{dz} y_2) dF \qquad (9)$$

$$M_x = \frac{d\varphi}{dz}(E_p J_1 + E_c J_2) \qquad (10)$$

Выражение в скобках приведенная жесткость сечения

$$EJ_{\text{прив}} = E_p J_1 + E_c J_2, \qquad (11)$$

где $EJ_{\text{прив}}$– приведенная жесткость сечения.

$$EJ_{\text{прив}} = J\left(E_p \frac{J1}{J} + E_c \frac{J_2}{J}\right) = E_{\text{прив}} J, \qquad (12)$$

где J- момент инерции всего сечения относительно центральной оси,

$E_{\text{прив}}$- приведенная жесткость сечения

$$E_{\text{прив}} = E_p \frac{J1}{J} + E_c \frac{J_2}{J} \qquad (13)$$

Приведенную жесткость можно выразить через приведенный момент инерции:

$$(EJ)_{\text{прив}} = E_p \left(J_1 + \frac{E_c}{E_p} J_2\right) = E_p J_{\text{прив}} \qquad (14)$$

$$\text{где } J_{\text{прив}} = J_1 + \frac{E_c}{E_p} J_2 \qquad (15)$$

Подставив (12) в (10), получим

$$\frac{d\varphi}{dz} = \frac{Mx}{E\text{прив} J} \qquad (16)$$

Подставляя это выражение в формулы 3 и 4, имеем:

$$\sigma_p = \frac{Ep\, Mx}{E\text{прив}\, J} y_1 \qquad (17)$$

$$\sigma_c = \frac{Ec\, Mx}{E\text{прив}\, J} y_2 \qquad (18)$$

Если принять $E_c = E_p = E$, то формулы (17), (18) в этом случае превращаются в расчетную формулу для стержней с постоянным модулем упругости.

$$\sigma = \frac{Mx}{J} y \quad (20)$$

Алгоритм определения положения нейтральной оси можно показать на примере балки с прямоугольным поперечным сечением (b – ширина, h - высота).

Статические моменты растянутой и сжатой зон соответственно равны:

$$S_p = \frac{bh_1^2}{2} \quad (21)$$

$$S_c = \frac{bh_2^2}{2} \quad (22)$$

Приравнивая к нулю приведенный статический момент, найдем

$$S_{\text{прив}} = \frac{bh_1^2}{2} - \frac{E_c}{E_p}\frac{bh_2^2}{2} = 0 \quad (23)$$

Откуда $h_1\sqrt{E_p} = h_2\sqrt{E_c}$ (24)

Но так как $h_2 = h - h_1$

То $h_1 = \frac{\sqrt{E_c}}{\sqrt{E_p}+\sqrt{E_c}} h$ (25)

И аналогично $h_2 = \frac{\sqrt{E_p}}{\sqrt{E_p}+\sqrt{E_c}} h$ (26)

Найдем теперь значение приведенного модуля

$$E_{\text{прив}} = E_p \frac{J1}{J} + E_c \frac{J_2}{J} = 4[E_1 \left(\frac{h_1}{h}\right)^3 + E_2 \left(\frac{h_2}{h}\right)^3] \quad (27)$$

Подставляя h_1 и h_2 получим

$$E_{\text{прив}} = \frac{4E_pE_c}{(\sqrt{E_p}+\sqrt{E_c})^2} \quad (28)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров А.В.* Сопротивление материалов / А.В. Аллександров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин. М.: Высш. школа, 1995. 346 с.

2. *Смирнов А.Ф.* Сопротивление материалов. Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М: Высшая школа, 1975. 380 с.

УДК 539.3:725.944

СТАБИЛИЗАЦИЯ “ПАДАЮЩЕЙ” БАШНИ

А.В. Куликов, Н.В. Бадаева

Научный руководитель – Н.В. Бадаева, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Описаны особенности Пизанской башни и методы ее стабилизации.
Ключевые слова: *башня, наклон, стабилизация, фундамент, грунт*

STABILIZATION OF THE "FALLING" TOWER

A.V. Kulikov, N.V.Badaeva

Scientific Supervisor – N.V. Badaeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Features of the Tower of Pisa and methods of its stabilization are described.
Keywords: *tower, slope, stabilization, foundation, ground*

Пиза́нская башня — колокольная башня, часть ансамбля городского собора Санта-Мария Ассунта (Пизанский собор) в городе Пиза в Италии. Здание представляет собой круглую полую структуру, высота башни составляет 56,7 м, диаметр основания – 15,54 м, масса – 14 453 т. Главная ее особенность заключается в том, что она стоит не вертикально, а имеет заметный наклон. Текущий наклон оценивается в 3° 54'. «Падающих» зданий в мире насчитывается около трехсот, но неповторимая красота и богатая история Пизанской башни делают ее особенной, и потому в 1986 году она была включена в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. Сохранить «падающее» сокровище архитектуры – задача современников.

Раньше считали, что «наклон» башни являлся частью проекта, но сейчас эта версия представляется маловероятной. Проект башни был ошибочен с самого начала – сочетание маленького трехметрового фундамента и наличия слабых грунтов в основании привело к тому, что еще при строительстве (1178 г.) башня наклонилась.

Во время первой фазы строительства (с 1173 по 1178 г.) башня имела слабый наклон к северу. Во время столетнего перерыва в строительстве северный наклон увеличился до 0,2°. При возобновлении работ в 1272 г. башня получила крен в сторону юга, и этот процесс ускорился при увеличении высоты башни. Работы опять были остановлены. В течение следующих 90 лет наклон увеличился примерно до 1,6°. После завершения строительства колокольни в 1370 г. крен башни значительно увеличился. В 1817 г. произвели первые задокументированные измерения при помощи отвеса, наклон башни составлял приблизительно 4,9°. К началу 1990 г. наклон фундамента составлял 5,5°.

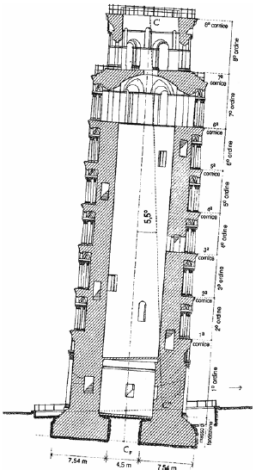


Рис. 1. Поперечное сечение Пизанской башни

Пизанская башня удивляет не только своим очевидным наклоном, видимым невооруженным глазом, но и длительностью своего существования. Падая, она стоит уже 650 лет. Тело сохраняет устойчивое положение, т.е. не падает, только тогда, когда вертикальная линия, проведенная из его центра тяжести, проходит в пределах площади его опоры. Также немаловажными факторами устойчивости являются размер площади опоры и как можно более низкое расположение центра тяжести тела, который у симметричных тел находится на их осевых линиях.

Пизанская башня представляет собой симметричное относительно вертикали сооружение высотой более 56 метров. Фундамент башни расположен в котловане глубоко под землей и является неотъемлемой ее частью. Опорой башни служит дно котлована, площадь этой опоры равна площади основания фундамента. Фундамент играет определенную роль в обеспечении устойчивости башни: во-первых, площадь его основания определяет площадь опоры всей башни, и чем она больше, тем устойчивее все сооружение (фактор влияния величины площади опоры на состояние равновесия) и, во-вторых, глубина фундамента влияет на расположение центра тяжести башни – чем он глубже, тем ниже центр тяжести всей конструкции и тем башня устойчивее (фактор зависимости степени устойчивости от местоположения центра тяжести тела). Башня и в нынешнем ее состоянии не может упасть, так как отвесная линия, проведен-

ная из центра тяжести, не выходит за пределы основания. Равновесие нарушится, и башня упадет, если отклонение от вершины достигнет 14 метров. Существует необходимость остановить падение.

Основные работы по уменьшению наклона башни, проводились с ее фундаментом. В 1935 в фундамент ввели жидкий цемент. Цементация – уплотнение фундамента введением цементных растворов. Проводится по методу бурения канавы в фундаменте и заливкой цементной смеси с помощью насоса. Залитые инъекции в проблематичную зону конструкции упрочняют связи между элементами бетона, и делают его монолитным. Для усиления фундамента путём цементации проводят следующие мероприятия. Бурят скважины в бетонном покрытии конструкции на глубину погружения, не достигающую основания на 30 см. Роют подобную скважину, но сквозь подошву фундамента, углубляя ее в почву на 0,5 м, заполняя пустоты под конструкцией. Суть заключается в усилении подошвы для передачи статистического и механического воздействия здания на песчаное основание (в случае, если дренажная подушка усела), а также для увеличения объема непучинистого уплотнителя. Строители реставрировали и укрепляли именно фундамент строения, но с каждым годом угол наклона башни все увеличивался, и отклонение от оси вертикали составляло - 5,5 метра.

Выяснили, что основной причиной наклона башни являются не особенности ее строения, а прочность опоры, т.е. грунта под фундаментом. Грунт, на котором возведена Пизанская башня, не обладает достаточной твердостью и плотностью, он не в состоянии удерживать такое высокое и массивное здание, каким является Пизанская башня. Кроме того, почва была размыта и в ходе строительства, поэтому наклон башни начался уже на этапе возведения первых ярусов.А не упала она потому, что отвесная линия, проведенная из ее центра тяжести, по-прежнему находится в площади ее основания. Но как только наклон башни увеличится настолько, что приложенная к ней сила тяжести выйдет за пределы ее опоры, самая знаменитая «падающая башня» непременно упадет, несмотря на то, что она углублена в землю достаточно мощным фундаментом. Причем, упадет башня вместе с фундаментом, т.к. он является ее частью. Фундамент при падении будет просто вырван из грунта.

Эксперименты подтвердили, что башню можно стабилизировать и слегка выпрямить, если выбрать часть жесткого грунта из-под северной части фундамента. Грунт выбирался через систему обсадных труб, внутри которых помещался вращающийся шнековый бур. Расчеты оказались правильными, и Пизанская башня, осев на несколько сантиметров, стабилизировалась, что позволило снять свинцовые противовесы и временные опоры, поставленные для подстраховки. В 2002—2010 годах её наклон

сократился с 5° 30' до 3° 54'. Общественности было объявлено, что памятник архитектуры перестал «падать».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Смирнов А.Ф.* Сопротивление материалов. Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1975. 380 с.
2. *Ландау Л.Д.* Физика для всех. Книга первая / Л.Д. Ландау, А.И. Китайгородский. 4-е изд., с изм. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1978. 208 с.

УДК 539.3

ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ФУНДАМЕНТОВ

С.В. Корнев, Н.В. Бадаева

Научный руководитель – Н.В. Бадаева, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Описаны особенности определения прочностных свойств составляющих фундамента различными методами

***Ключевые слова**:фундамент, прочность, бетон*

REVIEW OF METHODS FOR DETERMINATION OF THE STRENGTH OF THE FOUNDATIONS

S.V. Kornev, N.V. Badaeva

Scientific Supervisor - N.V. Badaeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Specific features of determining the strength properties of the foundation components by different methods are described.

***Keywords:** foundation, strength, concrete.*

Фундамент здания или сооружения закладывает основу успеха всего строительства. Фундамент - часть здания или сооружения, преимущественно подземная, которая воспринимает нагрузки от сооружения и передает их на естественное или искусственное основание, сложенное грунтами. Наиболее популярным типом фундамента считается – бетонный фундамент. Состав наиболее распространённого – цементобетона – включает в себя цемент, гравий, песок и воду, смешанные в нужных пропорциях. Гравий и песок по строительной терминологии называются заполнителями смеси, а цемент в данном случае выступает вяжущим веществом. Характеристики бетона определяют качество фундамента.

К факторам, влияющим на техническое состояние фундаментов относят:

- колебания в структуре подосновы
- типичные воздействия со стороны окружающей среды
- не типичные воздействия (землетрясения, подземные работы).
- Постоянное воздействие большой нагрузки (веса всего объекта)

Дефекты в фундаментах могут выявляться как на стадии строительства, так и при эксплуатации сооружений, поэтому необходим постоянный контроль за состоянием конструкции.

Главная трудность, которая возникает при экспертизе фундаментов – отсутствие возможности визуального контроля за состоянием элемента. Фундамент скрыт от глаз и не представляется возможным выявить дефекты. Поэтому для обследования фундаментов зданий используют особые технологии. Выбор подходящего метода обследования фундамента определяется особенностями конкретного объекта и техническими возможностями. Определение прочности используемого при строительстве фундамента бетона является ключевой задачей при обследовании. Для установления на практике характеристик материала существует несколько различных методов, которые делятся на несколько групп:

1.Разрушающие методы

Разрушающие методы являются классическими и требуют анализа заложенного фундамента на месте, с помощью механического воздействия. Наиболее популярным и точным методом принято считать метод определения прочности отобранных из конструкции образцов. При этом методе исследования происходит раздавливание проб под испытательным прессом. Нагрузка увеличивается непрерывно и равномерно до момента разрушения контрольного образца. Полученная в результате цифра критической нагрузки фиксируется и по ней происходит дальнейший расчет прочности бетона. Разрушающий метод считается наиболее точным для определения прочности бетона.

2.Неразрушающие методы

Неразрушающие методы не требуют получения образцов и их последующего разрушения. Испытания проводятся при помощи различных приборов и инструментов.

В зависимости от используемых приспособлений различают следующие неразрушающие методы исследований: частичного разрушения, ударного воздействия, ультразвукового обследования.

Метод частичного разрушения основан на местном воздействии на бетонную поверхность и приводит к незначительному ее повреждению. Различают следующие методы частичного разрушения: на отрыв, скалыванием, отрыв со скалыванием.

Метод отрыва состоит в закреплении на участке бетонной поверх-

ности металлического диска при помощи специального клея и последующего его отрыва. Усилие, необходимое для разрушения бетона при подобном методе фиксируется и используется в дальнейших вычислениях прочности.

Метод скалывания заключается в механическом воздействии скользящего характера на ребро конструкции и регистрации усилия, при котором происходит откалывание его участка.

Метод отрыва со скалыванием характеризуется большей точностью, по сравнению с остальными методами частичного разрушения. Суть его состоит в закреплении на участке бетонной конструкции анкерных устройств и последующего их отрыва от поверхности. фиксируют показание прибора и глубину вырыва с точностью не менее 1 мм.

Методы ударного воздействия основаны на применении к бетонной поверхности силового воздействия ударного типа.

Различают методы определения прочности ударом: метод ударного импульса, упругого отскока, пластической деформации.

Метод ударного импульса достаточно прост в использовании и состоит в регистрации силы удара и возникающей при этом энергии. Метод ударного импульса – самый распространенный метод контроля прочности бетона из всех неразрушающих. Этот метод заключается в регистрации энергии удара, возникающей в момент соударения бойка с поверхностью бетона. Приборы, использующие данный метод, отличаются небольшим весом и компактностью, а определение прочности бетона методом ударного импульса является достаточно простой операцией. Результаты измерений выдаются в единицах измерения прочности на сжатие. Также с их помощью можно определять класс бетона, производить измерение прочности под различными углами к поверхности объекта, переносить накопленные данные на компьютер. Ударные импульсы – это ударные волны малой энергии, генерируемые подшипниками качения вследствие соударений и изменений давления в зоне качения этих подшипников в течение всего срока службы подшипников и распространяющиеся в материалах деталей подшипника, подшипникового узла и прилегающих к ним деталей.

Метод упругого отскока не менее прост и заключается в определении величины отскока бойка ударника от бетонной поверхности. При испытании методом упругого отскока применяют специальный прибор, который представляет собой цилиндрический корпус со шкалой, в нем размещены ударный механизм с пружинами и стрелка – индикатор. Испытания проводят путем нажатия приставленного к бетону склерометра и после удара бойка и величине его отскока, зафиксированного стрелкой-индикатором по графику, определяют прочность бетона(раствора). Продолжительность одного испытания – 20 секунд.

Метод пластической деформации состоит в силовом воздействии на исследуемую область. По глубине полученных в результате удара или давления отпечатков определяется прочность бетона.

Ультразвуковой метод основан на связи между скоростью распространения ультразвуковых колебаний в бетоне и его прочностью. Прочность бетона в конструкциях определяют по экспериментально установленным градуировочным зависимостям "скорость распространения ультразвука - прочность бетона" или "время распространения ультразвука - прочность бетона" в зависимости от способа прозвучивания.

Ультразвуковые измерения в бетоне проводят способами сквозного или поверхностного прозвучивания. Сборные линейные конструкции (балки, ригели, колонны и др.) испытывают, как правило, способом сквозного прозвучивания в поперечном направлении. Изделия, конструктивные особенности которых затрудняют осуществление сквозного прозвучивания, а также плоские конструкции (плоские, ребристые и многопустотные панели перекрытия, стеновые панели и т. д.) испытывают способом поверхностного прозвучивания. При этом база прозвучивания при измерениях на конструкциях должна быть такой же, как на образцах при установлении градуировочной зависимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Смирнов А.Ф.* Сопротивление материалов. Учебник для вузов. Изд. 3-е, перер. и доп. М.: Высшая школа, 1975. 380 с.

2.Основания, фундаменты и подземные сооружения / М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др.; под общ. ред. Е.А. Сорочан и Ю.Г. Трофеменкова. Интеграл-2007. 480 с.

УДК 539.3

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ

О.В. Климова, Н.В. Бадаева

Научный руководитель – Н.В. Бадаева, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Анализируются популярные в настоящее время стеновые блоки.

***Ключевые слова**: анализ, строительные материалы, свойства, прочность, плотность, теплопроводность.*

COMPARATIVE ANALYSIS OF BUILDING BLOCKS

O.V. Klimova, N.V. Badaeva

Scientific Supervisor – N.V. Badaeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Building blocks being popular at present are analyzed.

***Keywords**: analysis, building materials, properties, strength, density, thermal conductivity.*

В современном строительстве все чаще в качестве стенового материала используют не кирпич, а строительные блоки из различных материалов. На сегодняшний день на рынке строительных материалов наиболее популярны такие материалы как: газобетонные блоки, пенобетонные блоки, керамические блоки, арболитовые блоки, керамзитобетонные блоки.

Газобетон представляет собой ячеистые блоки автоклавного твердения. Сырьём для их изготовления служит кварцевый песок, известь, цемент, вода, алюминиевая пудра. Все компоненты перемешивают и направляют в автоклав, где под давлением происходит их вспенивание, при вступлении в реакцию высокодисперсного алюминия со щелочным раствором, и образуется пористая структура.

Газобетонные блоки используются как для возведения внутренних перегородок, так и для несущих конструкций. Достоинствами материала являются высокий уровень пожаробезопасности, экологическая безопасность, удобство обработки. Невысокая прочность на сжатие и низкая стойкость на изгиб, низкие показатели морозоустойчивости, разрушение структуры блока за счет высокого водопоглощения – недостатки этого вида блоков.

Чтобы сделать пенобетон, перемешивают цементную основу со специальными добавками. Они необходимы для вспенивания массы. Данные пенообразователи бывают как на основе синтетических веществ, так и органическими. Вспененная масса попадает в специальные формы, где и твердеет в естественной среде. В итоге получаются пенобетонные блоки. Достоинствами пенобетона являются: устойчивость к влажной среде, огнеупорность, отличная теплоизоляция, незначительный вес высокая прочность в сочетании с небольшой плотностью. К недостаткам материала можно отнести его усадку, которая составляет от 1 до 3 мм/м, невысокую прочность.

По составу керамические блоки почти совпадает с кирпичом – глина и вода. Подготовленное сырье: глина, песок и древесные опилки (или рисовая лузга), тщательное смешивается до однородной массы. Затем эта масса формуется, сушится и обжигается при высокой температуре. В процессе обжига древесные опилки выгорают, оставляя микроскопические поры, придавая тем самым готовому изделию уникальные свойства. Из керамических блоков строятся дома любой этажности, а также внешние и внутренние несущие стены, перегородки. Преимуществами керамических блоков являются более быстрая кладка и экономия на фундаменте из-за легкости блоков, экономия на утеплителе из-за пористой структуры и абсолютная экологическая безопасность. Недостатки – высокая цена, относительная хрупкость, создающая трудности при транспортировке, материал трудно обрабатывать.

Арболитовые блоки состоят на80-85% из древесной наполняющей и цемента высокой марки. Производство арболита происходит за счет уплотнения арболитовой массы. Этот процесс придаёт блоку правильную форму и плотное сцепление щепы и цемента. На первом этапе сушка происходит в камере с температурой 70 градусов и длится сутки, где блоки набирают 40% своей прочности. Далее блоки отправляются в складное помещение с температурой не ниже 15 градусов, где получают остальные 60%. Важность этого процесса определяется достижением высокого уровня плотности сцепления щепы и цемента. Достоинствами арболита являются хорошая теплоизоляция, экологическая безопасность, незначительный вес, прочность арболита на сжатие типична для ячеистых бето-

нов, но важным отличием является прочность блоков на изгиб, которая составляет от 0,7 до 1,0 МПа. Модуль упругости элементов может доходить до 2300 МПа. Такие величины делают арболит особенным среди ячеистых бетонов. Если для пенобетона и газобетона велика вероятность трещинообразования, то у арболита такой проблемы нет. Недостатки – высокое водопоглощение.

Производство блоков из керамзитобетона заключается в добавлении в цементный раствор керамзитового гравия фракцией от 5–10 мм и крупного керамзитового песка. От размера наполнителя напрямую зависят энергосберегающие характеристики блока и его прочность. Чем более крупный гравий добавляется в формовочную массу, тем более теплыми, но менее прочными получаются керамзитоблоки. Производство керамблоков заключается в полусухом прессовании исходной смеси, которое осуществляется за счет низкочастотной вибрации. Под давлением частички цемента и керамзита в воде образуют плотную однородную структуру. После формовки и уплотнения блочные элементы направляются в сушильную камеру, где они достигают прочностных параметров в течение 28 суток. Достоинствами являются незначительный вес, низкая теплопроводность, долговечность материала, а к недостаткам относят низкую морозоустойчивость, сравнительная хрупкость.

Таблица 1. Характеристики материалов

Вид блока	Плотность, кг/м^3	Масса в стене	Водопоглощение, %	Теплопровод-ность, т/М*к	Морозостойкость	Прочность, МПа
Газоблок	300 – 1200	100– 900	20– 25	0,1 – 0,4	35	0,5 – 25
Пеноблок	300 – 1200	100 – 900	10– 16	0,1 – 0.4	35	0,25 – 12,5
Керамический блок	700 – 900	600 – 800	12– 15	0,1 – 0,2	50	2,5 – 25
Арболитовый блок	500 – 900	300 – 700	75– 85	0,2 – 0,3	25	20 – 30
Керамзито-бетонный блок	300 – 1500	900– 1000	50	0,15–0, 45	25 – 75	50 – 150

Рис. 1. Оценка стоимости возведения

Идеальных строительных материалов не существует в природе. Поэтому при выборе строительных блоков, нужно ориентироваться не только на цену изделия, но и на область применения и технические характеристики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Машкин Н.А.* Строительные материалы. Краткий курс: учеб. пособие / Н.А. Машкин, О.А. Игнатова; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). 2-е изд., перераб. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2012. 200 с.
2. *Смирнов А.Ф.* Сопротивление материалов. Под ред. А.Ф. Смирнова. Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1975. 480 с.

УДК 539.4:625.8

ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

В.А. Буслаев, Н.В. Бадаева

Научный руководитель – Н.В. Бадаева, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Даётся понятие прочности дорожного полотна, методы её определения, приборы с помощью которых её можно определить.

Ключевые слова: *прочность дорожного полотна, фактический модуль упругости, метод статических нагружений, метод динамических нагружений.*

REVIEW OF METHODS FOR DETERMINING THE STRENGTH OF PAVEMENT

V.A. Buslaev, N.V. Badaeva

Scientific Supervisor – N.V. Badaeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The concept of roadbed strength, methods and devices for determining it are presented.

Keywords*: strength of pavement, actual modulus of elasticity, method of static loadings, method of dynamic loadings*

Несущая способность (прочность) дорожной конструкции - свойство конструкции, характеризующее ее способность воспринимать без отказа воздействие движения и погодно-климатических факторов.

В соответствии с требованием к транспортно-эксплуатационному состоянию автомобильных дорог дорожная одежда должна соответствовать определённой прочности, которая оценивается коэффициентом запаса прочности $K_{пр}$. Он представляет собой отношение фактического модуля упругости дорожной конструкции к требуемому по условиям движе-

ния в процессе эксплуатации и должен быть равен или больше цы $K_{пр} \geq 1$.

К нежестким дорожным одеждам относят одежды со слоями, устроенными из разного вида асфальтобетонов (дегтебетонов), из материалов и грунтов, укрепленных битумом, цементом, известью, комплексными и другими вяжущими, а также из слабо связных зернистых материалов (щебня, шлака, гравия и других).

Требуемые модули упругости нежестких дорожных одежд назначают с учетом действующих норм межремонтных сроков службы одежд, величины расчетной нагрузки и интенсивности движения расчетных автомобилей, типа покрытия, дорожно-климатической зоны, грунтово-гидрологических условий, общей толщины дорожной одежды, ее конструкции и эксплуатационной надежности на обследуемом участке в соответствии с действующей инструкцией по проектированию нежестких одежд.

Фактический модуль упругости дорожной конструкции – это физическая величина, полученная из реальной практики, характеризующая способность дорожного полотна упруго деформироваться при приложении к нему нагрузки. Его можно определить по формуле:

$$E_{Ф} = \frac{K_A \cdot Q_К}{I_Ф}, \quad (1)$$

где K_A – коэффициент, равный 0,36 МПа·см/кН,

$Q_К$ – нагрузка на колесо используемого автомобиля,

$I_Ф$ – фактический прогиб конструкции на характерном участке, соответствующий допустимому проценту деформированной поверхности покрытия или расчетной надежности дорожной одежды.

Существует 2 метода определения упругого прогиба нежёстких дорожных одежд: статического и динамического нагружений.

Сущность метода динамических испытаний – это мгновенное приложение нагрузки к полотну (например, падающий груз, вибрационная или циклическая нагрузка). Нагрузка может передаваться на покрытие с помощью жёсткого или гибкого (колесо) штампа.

При сбросе груза создаётся кратковременное динамическое нагружение длительностью 0,2-0,4 с, что близко к движению автомобиля. Полученные данные обрабатываются и делается вывод о прочности дорожного покрытия.

Данный метод имеет большую производительность (до 20 точек в час), характеризуется меньшим влиянием влажности земляного полотна на прогибы, что позволяет производить контроль прочность в нерасчётный период года.

Рис. 1. Система измерения прочности дорожных одежд «Дина-4»

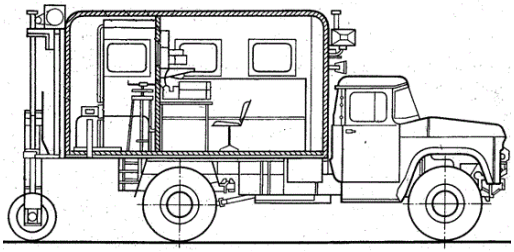


Рис. 2. Передвижная лаборатория КП-502 МП

При статическом методе нагружения определяют упругий прогиб от действия статической нагрузки гибкого штампа на дорожную одежду.

Испытания осуществляются при помощи двухосного грузового автомобиля, у которого нагрузка на заднее колесо находится в пределах 30-50 кН, давление воздуха в шинах - 0,50-0,55 МПа. Также обязательно хорошее состояние шин задних колёс. Также понадобится длиннобазовый рычажный прогибомер.

При проведении испытания автомобиль останавливают, собирают прибор, вставляют щуп в отверстие на конце грузового плеча рычага и затягивают винт, закрепляют индикатор на кронштейне, поднимают прибор за верхнею трубу фермы рычага и, придерживая его в горизонтальном положении, перемещают так, чтобы щуп с подпятником разместился между скатами заднего сдвоенного колеса автомобиля точно под центром задней оси автомобиля, устанавливают клиновидную опорную подкладку на покрытие таким образом, чтобы ее наклонная поверхность вошла в контакт с концом стержня индикатора, выдерживают автомобиль на точке до тех пор, пока отсчет по индикатору i_o не изменится за 10 с более чем на 0,005 мм и записывают его в журнал измерений.

Далее продвигают автомобиль вперёд на расстояние не менее 5м, дожидаются пока отсчет по индикатору i после съезда автомобиля с точки измерения в течение 10 с не будет изменяться более чем на 0,005 мм и записывают его в журнал измерений, удвоенная разница отсчетов по индикатору до съезда автомобиля с точки и после съезда будет соответствовать прогибу покрытия в этой точке:

$$I = 2(i - i_o) \tag{2}$$

Рис. 3. Прогибомер длиннобазовый ПД-2,5

Прогиб покрытия измеряют на полосе наката проезжей части по центру между скатами спаренного колеса автомобиля через каждые 200-250 м. Метод статического нагружения характеризуется малой производительностью, опасностью проведения измерений без остановки движения на обследуемой дороге, что затрудняет его использование при проведении диагностики значительных по длине маршрутов.

Иногда используют методы статического и динамического нагружения одновременно.

Подводя итог можно сделать вывод, что оба метода являются актуальными и целесообразными. Метод динамических нагружений достаточно быстрый и менее зависимый от временных условий, но имеет сложное и дорогостоящее оборудование. Метод статических нагружений имеет простое и относительно недорогое оборудование, но медленный и требует остановки движения для проведения работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВСН 52-89«Указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд».

2. ГОСТ 32729-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности».
3. ОДМ 218.2.024-2012 «Методические рекомендации по оценке прочности нежестких дорожных одежд».
4. *Васильев А.П.* Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. Т. 1: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.П. Васильев. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 320 с.

УДК539.3/.6:629.3

НАПРЯЖЕНИЯ В ДВУХСЛОЙНЫХ ТРУБАХ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

К.П. Феньвеши, С.А. Петерсон

Научный руководитель - С.А. Петерсон, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Исследуются напряжения, возникающие в пластиковой части трубы в процессе восстановления (санации) старой металлической трубы методом выворотного рукава с полимеризацией его при повышенной температуре.

Ключевые слова: *напряжения, санация, коэффициент температурного линейного расширения, трещины.*

STRESSES IN TWO-LAYER PIPES CAUSED BY HIGH TEMPERATURE

C.P. Fenveshi, S.A. Peterson

Scientific Supervisor - S.A. Peterson, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

We investigate the stresses occurring in the plastic part of the tube in the process of restoration (rehabilitation) of the old metal pipes by the method of reversible sleeves with curing it at an elevated temperature.

Keywords: *stresses, rehabilitation, the coefficient of linear expansion, cracks.*

В данной работе сделана попытка оценить величины температурных напряжений в полимерном рукаве, который используется для восстановления отслужившей свой век металлической трубы, после его отверждения и остывания.

Прежде чем говорить о температурных напряжениях, разберемся, что такое «санация».

В то время как разрушение инженерных сетей приводит к утечкам, повышается аварийность, пагубно сказываясь на экологии, и в конечном счете, наносится финансовый ущерб.

Своевременная прочистка трубопроводов является профилактической мерой, которая дает возможность избежать серьезного ремонта или замены труб, то есть позволяет значительно сэкономить деньги и время, предотвратив дорогостоящие ремонтные работы.

Одним из эффективных способов восстановления рабочих характеристик является и такая процедура, как санация трубопроводов. Суть санации заключается в очистке трубы и последующем покрытии ее внутренней поверхности специальными смесями. Санация трубопровода позволяет не нарушать благоустройство территории и может производиться в местах, где невозможно перекрыть движение. При санации применяются 3 основных метода устранения повреждений:

- Набрызгивание защитных покрытий.
- Нанесение мягких и штучных материалов.
- Установка твердых оболочек и элементов (метод выворотного рукава).

Рассмотрим третий метод. Введение внутрь трубопровода рукава выполняется методом выворачивания и при этом рукав прижимается к стенкам трубопровода за счет гидростатического давления воды.

Отверждение (полимеризация) композиции (14-16 мл) введенного в рукав происходит за счет нагрева воды, находящейся внутри рукава, до температуры 90-95°С и выдержки в течении 48 часов, при постоянной циркуляции горячей воды. После процесса отверждения внутри трубопровода образуется новая полимерная труба(труба в трубе), крепко прижатая к существующей трубе.

Теперь вернемся к основной теме исследования. Пусть длина нагретой трубы- L. При остывании, то есть при уменьшении температуры на величину Δt, ее длина уменьшится на ΔL. Но если бы металлическая и пластиковая трубы остывали независимо друг от друга, то длина металлической трубы уменьшилась бы на ΔL_M^t, а пластиковой – на ΔL_n^t.

Поскольку коэффициент линейного расширения пластиков существенно больше, чем у металлов, после остывания пластиковая часть санируемой трубы окажется растянутой на ΔL_n, а металлической – сжатой на $\Delta L_м$. Можно записать уравнение совместности деформаций:

$$\Delta L_n^t = \Delta L_м^t + \Delta L_n + \Delta L_м \quad (1)$$

$$-(\alpha_n - \alpha_м) \cdot L \cdot \Delta t = \Delta L_n + \Delta L_м \quad (2)$$

где $\alpha_м$и α_n – коэффициенты линейного расширения материалов металлической и пластиковой труб.

При изменении температуры изменяется не только длина трубы, но и ее диаметр D и длина окружности $S = \pi D$. Из аналогичных рассуждений можно записать второе уравнение совместности деформации:

$$\Delta S_n^t = \Delta S_м^t + \Delta S_n + \Delta S_м \quad (3)$$

$$-(\alpha_n - \alpha_м) \cdot \pi D \cdot \Delta t = \Delta S_n + \Delta S_м \quad (4)$$

Из условия равновесия части трубы можно записать:

$$-\sigma_{zм} \cdot A_м + \sigma_{zn} \cdot A_n = 0 \quad (5)$$

$$\sigma_{zм} = \sigma_{zn} \frac{A_n}{A_м} = \sigma_{zn} \frac{\delta_n}{\delta_м}, \quad (6)$$

где $\sigma_{zм}$, σ_{zn}, $A_м = \pi D \cdot \delta_м$, $A_n = \pi D \cdot \delta_n$, $\delta_м$, δ_n – продольные (меридиональные) напряжения, площади поперечных сечений, толщины стенок металлической и пластиковой частей трубы соответственно.

Из условия равновесия половины трубы, рассеченной по длине, следует:

$$-2\sigma_{tм} \cdot \delta_м \cdot L + 2\sigma_{tn} \cdot \delta_n \cdot L = 0 \quad (7)$$

$$\sigma_{tм} = \sigma_{tn} \frac{\delta_n}{\delta_м}, \quad (8)$$

где $\sigma_{tм}$, σ_{tn} – окружные напряжения в металлической и пластиковой частях трубы соответственно.

Пластиковая часть оказывается растянутой и в окружном, и в радиальном направлениях. Условие ее равновесия дает

$$\sigma_\rho = \sigma_t \frac{2\delta_n}{D} = \sigma_t \frac{\delta_n}{R}, \quad (9)$$

где σ_ρ – радиальное напряжение.

Связь между интенсивностью адгезионных сил q и касательным (сдвиговым) напряжением τ выглядит следующим образом:

$$q = \pi D \cdot \tau \quad (10)$$

Из условия равновесия кольцевого элемента пластиковой трубы следует

$$dN_z = -q \cdot dz, \quad (11)$$

где N_z- продольная сила. Она связана с нормальными напряжениями

$$\sigma_{zn} = \frac{N_{zn}}{A_n} \quad (12)$$

После интегрирования выражения (11) по длине трубы получим

$$\sigma_{zn} = -\frac{q}{A_n} z + \frac{qL}{2A_n} \quad (13)$$

Для левого участка трубы в выражении (13) интенсивность q берется с противоположным знаком. Очевидно, что в центре трубы напряжения принимают максимальные значения, а на концах трубы равны нулю.

После определенных преобразований получаем формулу для расчета максимальных напряжений в центре пластиковой трубы

$$\sigma_{zn\max} = -\frac{2E_n(\alpha_n - \alpha_м)\Delta t}{(1-\mu_n)}, \quad (14)$$

где μ_n - коэффициент поперечной деформации материала пластика.

По формуле (14) можно оценить возможность образования кольцевых трещин. Если при понижении температуры напряжения превышают предел прочности материала рукава, то трещины обязательно появятся. Причем первая трещина образуется посередине трубы. После этого напряжения перераспределяются по двум половинам трубы таким же образом, как и для всей трубы до разрушения. Вероятнее всего из-за релаксационных процессов в половинках трубы в каждой из них максимальное напряжение достигает предела прочности не мгновенно, а с некоторой задержкой по времени, после которой разрушаются посередине эти две половинки. Если к этому времени процесс охлаждения заканчивается, то пластиковая часть оказывается разделенной трещинами на четыре части. Если процесс продолжается, то возможно разрушение каждой четвертинки на две части.

Чтобы исключить разрушения от температурных напряжений материал внутренней пластиковой оболочки после отверждения должен иметь достаточный высокий предел прочности или обладать упругопластическими свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Феодосьев В.И.* Сопротивление материалов: учебник для втузов. 10-е изд., перераб. М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 512 с.
2. *Работнов Ю.Н.* Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 712 с.
3.http://www.su112.ru/-sanacia-truboprovodov

УДК 539.3/.6:629.3

НАПРЯЖЕНИЯ В САНИРОВАННЫХ ДВУХСЛОЙНЫХ ТРУБАХ ОТ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ

А.В Шмакова, С.А. Петерсон

Научный руководитель - С.А. Петерсон, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Исследуются напряжения, возникающие в пластиковой части трубы в процессе восстановления (санации) старой металлической трубы методом выворотного рукава после его полимеризации и ввода в эксплуатацию.

Ключевые слова: *напряжения, санация, внутреннее давление, трещины.*

STRESSES IN RECONDITIONED TWO-LAYER PIPES FROM INTERNAL PRESSURE

A.V. Shmakova, S.A. Peterson

Scientific Supervisor - S.A. Peterson, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

We investigate the stresses occurring in the plastic part of the tube in the process of restoration (rehabilitation) of the old metal pipes by the method of reversible sleeves after curing and commissioning.

Keywords: *stresses, rehabilitation, internal pressure, cracks.*

В данной работе сделана попытка оценить величины напряжений в полимерном рукаве, который используется для восстановления металлической трубы, после его отверждения и ввода отремонтированной трубы в эксплуатацию.

Начнём с понятия "санация".

Санация - это бестраншейный способ ремонта трубопровода диаметром от 50 до 800 мм., получивший всемирное признание.

Санация позволяет эффективно решить следующие проблемы:

- снижение проходимости водопровода из-за отложений на стенках;

• утечка воды в результате коррозии;

• снижение пропускной способности газопровода и низкое давление внутри;

• разрушение долговечных стальных трубопроводов;

• разрушение канализационных сетей, исчерпавших срок службы;

• разрушение локальных ответвлений трубопроводов корневыми системами деревьев;

• трещины и засорения трубопроводов.

Зачем нужна санация коммуникаций?

Большой процент износа трубопроводов – результат советского наследия, когда строили много, но за качество и длительную эксплуатацию никто не отвечал. Реальный срок службы металлических труб исчерпан, и системы работают лишь до очередного прорыва. В РФ более половины протяженности коммуникаций давно проржавело, ежегодно обнаруживаются новые дефекты и прорывы. Вторая половина – в предаварийном состоянии, поэтому работа по восстановлению коммуникаций и ремонт труб проводится непрерывно.

Пути решения проблемы с прохудившимися трубами

Как показывает зарубежный опыт, лучшим решением остается применение метода бестраншейного восстановления или санации трубопроводов. Эксперты выделили 5 наиболее эффективных способов ремонта без раскапывания грунта:

• Получение внутри очищенного трубопровода защитного слоя с помощью полиэтиленового вкладыша по технологии «U-лайн». Теплоноситель под давлением распрямляет эту «кишку» внутри ремонтируемого участка коммуникаций.

• По технологии «трубы в трубе», где внутри поврежденного металлического участка закрепляется полимерный фрагмент. Это удобно не только для восстановления водопровода, но и для канализации. Для этого старый трубопровод должен быть промыт водой под давлением.

• Частичный взлом, когда по аналогии с описанным выше методом «труба в трубе» требуется небольшое изменение диаметра на 1 размер. При этом приходится частично деформировать фрагмент старого трубопровода посредством пневматического пробойника. Это дает возможность протаскивания полимерного вкладыша большей длины.

• Метод напыления на участок подготовленной поверхности трубопровода цементного раствора с последующим выравниванием насадкой конической формы. Данная технология рекомендуется для восстановления водопроводных коммуникаций, в канализационных системах она не применяется.

• Прогрессивная технология проведения восстановительных работ при помощи технических роботов, которые эффективны при прохождении сложных поворотных участков для фиксации внутренних покрытий.

Возвращаясь к основной теме исследования.

В данном случае рассматривается труба, санированная методом «чулка» или же методом выворотного рукава, данный метод основан на том, что в трубу, подлежащую реконструкции, вводится гибкий композитный рукав, который после раскрытия и отверждения представляет собой новую сверхпрочную трубу, полностью перенимающую все функции (в том числе и несущую функцию) старой трубы.

Рассмотрим введенную в эксплуатацию санированную трубу на примере классического водопровода многоквартирного дома:

Напор воды в квартире, регламентируется строительными нормами, и равен примерно 4 атмосферным единицам, следовательно, проводя санацию определенного участка водопроводной сети мы четко понимаем, что на данный участок будет оказывать влияние определенное давление, которое в свою очередь является прямым катализатором нарастающих напряжений на данном участке, исходя из этого, как любой человек, желающий, чтобы его детище прослужило ему долгую службу, мы должны учесть вероятность того что данные напряжения могут повлиять на целостность нашего водопровода. Для этого и существует расчет напряжений.

Определим напряжения в санированной трубе от внутреннего давления p. За основу примем безмоментную теорию расчёта тонкостенных оболочек. В нашем случае оболочка (труба) является двухслойной.

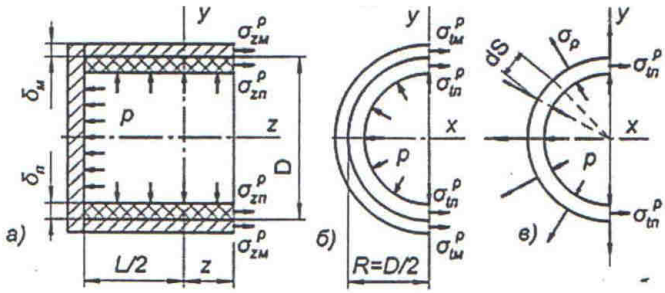


Рис. 1

Очевидно, что продольные (меридиональные) напряжения и в стальной и в пластиковой частях трубы будут растягивающими и постоянными по длине трубы. Из условия равновесия отрезка трубы (рис. 1, а) следует:

$$\sigma_{ZM}^{p} \cdot A_M + \sigma_{Z\Pi}^{p} \cdot A_\Pi = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p \qquad (1)$$

или

$$\sigma_{ZM}^{p} \cdot \pi D \delta_M + \sigma_{Z\Pi}^{p} \cdot \pi D \delta_\Pi = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p, \qquad (2)$$

где A_M , A_Π, и δ_M , δ_Π – площадь поперечного сечения, толщина стенки пластиковой и металлической частей трубы соответственно.

Откуда:

$$\sigma_{ZM}^{p} \cdot \delta_M + \sigma_{Z\Pi}^{p} \cdot \delta_\Pi = \frac{D}{4} \cdot p \qquad (3)$$

Окружные напряжения в обеих частях трубы также будут растягивающими. Из условия равновесия половины трубы, разрезанной по длине (рис. 1, б), получаем

$$\sigma_{tM}^{p} \cdot 2\delta_M L + \sigma_{t\Pi}^{p} \cdot 2\delta_\Pi L = pDL, \qquad (4)$$

$$\sigma_{tM}^{p} \cdot 2\delta_M + \sigma_{t\Pi}^{p} \cdot 2\delta_\Pi = p\frac{D}{2}. \qquad (5)$$

Первым условием совместимости деформации является равенство удлинений обеих частей трубы:

$$\Delta L = \int_0^L \varepsilon_{ZM} \cdot dz = \int_0^L \varepsilon_{Z\Pi} \cdot dz \rightarrow \varepsilon_{ZM} \cdot L = \varepsilon_{Z\Pi} \cdot L, \qquad (6)$$

где ε_{ZM} и$\varepsilon_{Z\Pi}$ – относительные линейные деформации.

Выразив линейные относительные деформации через напряжения из соотношений закон Гука, получим

$$\frac{1}{E_M}\left(\sigma_{ZM}^{p} - \mu_M \cdot \sigma_{tM}^{p}\right) = \frac{1}{E_\Pi}\left(\sigma_{Z\Pi}^{p} - \mu_\Pi \cdot \sigma_{t\Pi}^{p}\right) \qquad (7)$$

где E_M, E_Π и μ_M , μ_Π – модули упругости, коэффициенты Пуассона пластика и металла.

Вторым условием совместимости деформации будет равенство изменений длины окружности обеих частей трубы:

$$\Delta S = \varepsilon_{tM} \cdot \pi D = \varepsilon_{t\Pi} \cdot \pi D \qquad (8)$$

или

$$\frac{1}{E_M}\left(\sigma_{tM}^{p} - \mu_M \cdot \sigma_{ZM}^{p}\right) = \frac{1}{E_\Pi}\left(\sigma_{t\Pi}^{p} - \mu_\Pi \cdot \sigma_{Z\Pi}^{p}\right) \qquad (9)$$

Решив совместно (1),(2),(3) и (4), найдём значения продольных и окружных напряжений в металлической и пластиковой частях трубы:

$$\sigma_{ZM}^{p} = \frac{pD}{4\delta_\Pi} \cdot \frac{(1 - 2\mu_\Pi) \cdot a + (2 - \mu_п) \cdot b}{a^2 - b^2} \qquad (10)$$

$$\sigma_{tM}^{p} = \frac{pD}{4\delta_\Pi} \cdot \frac{(1 - 2\mu_\Pi) \cdot b + (2 - \mu_п) \cdot a}{a^2 - b^2} \qquad (11)$$

$$\sigma_{ZM}^{p} = \frac{pD}{4\delta_\Pi}\left[1 - \frac{\delta_M}{\delta_\Pi} \cdot \frac{(1 - 2\mu_\Pi) \cdot a + (2 - \mu_п) \cdot b}{a^2 - b^2}\right] \qquad (12)$$

$$\sigma_{t\Pi}^{p} = \frac{pD}{4\delta_{\Pi}}\left[2 - \frac{\delta_M}{\delta_{\Pi}} \cdot \frac{(1 - 2\mu_{\Pi}) \cdot b + (2 - \mu_{\Pi}) \cdot a}{a^2 - b^2}\right] \quad (13)$$

$$a = \frac{\delta_M}{\delta_{\Pi}} + \frac{E_{\Pi}}{E_M} \quad (14)$$

$$b = \mu_{\Pi}\frac{\delta_M}{\delta_{\Pi}} + \mu_M\frac{E_{\Pi}}{E_M}. \quad (15)$$

Из условия равновесия половины пластиковой части трубы, разрезанной по длине (рис. 1, в), находим радиальное напряжение при наличии внутреннего давления

$$\sigma_{\rho}^{p} = \sigma_{t\Pi}^{p}\frac{2\delta_{\Pi}}{D} - p = \sigma_{t\Pi}^{p}\frac{\delta_{\Pi}}{R} - p \quad (16)$$

Очевидно, напряжения от давления в пластиковой части трубы при достаточной адгезии (сцеплении с металлической частью) оказываются незначительными.

Но в том случае, когда по каким-либо причинам имеет место отрыв пластиковой части от металлической, давление воспринимает пластиковая часть, и она разрушается вдоль трубы от больших окружных напряжений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Феодосьев В.И.* Сопротивление материалов: учебник для втузов. 10-е изд., перераб. М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 512 с.
2. *Работнов Ю.Н.* Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 712 с.
3. Санация трубопроводов бестраншейным методом [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://trubamaster.ru/vodoprovodnye/sanaciya-truboprovodov.html
4. Санация трубопроводов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://xn----8sboa2ahibbiuph9ld.xn--p1ai/page/sanaciya
5. Бестраншейная санация трубопровода [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rus-liner.ru/rehabilitation/
6. Санация трубопровода [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://zastropi.narod.ru/stati/tehnologii/Sanacija_truboprovoda.html

УДК 539.3/.6:629.3

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В ОБОЛОЧКЕ, ФОРМИРУЕМОЙ ПРИ РЕМОНТЕ ТРУБОПРОВОДА

К.А. Тарасов, И.С. Шеронина

Научный руководитель – И.С. Шеронина, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается метод определения напряжений в полимерной трубе после ее ремонта. Решена статически неопределимая задача по определению меридиональных и окружных напряжений в стенке полимерного материала.

Ключевые слова: *полимерный материал, бестраншейная технология, трубопровод, напряжения, деформации, прочность.*

CALCULATION OF TENSION IN A SHELL FORMED WHILE CONDUIT IS BEING REPAIRED

K.A. Tarasov, I.S. Sheronina

Scientific Supervisor – I.S. Sheronina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The method of determination of tension in a polymeric pipe after its repair is considered. Statically indefinable task of determination of meridional and district tension in a wall of polymeric materials is solved.

Keywords: polymeric material, draw-in technology, conduit, tension, deformation, strength.

Одним из наиболее распространенных методов ремонта изношенных трубопроводов является, так называемый, бестраншейный метод, при котором внутрь изношенной трубы вводится специальный полимерный рукав, пропитанный эпоксидной композицией, после полимеризации которого горячей водой образуется твёрдая полимерно-армированная цилиндрическая оболочка. Однако довольно часто, особенно при ремонте трубопроводов большего диаметра, после охлаждения и снятия внутрен-

него давления в полимерном материале возникают продольные и поперечные трещины, что приводит к выходу трубопровода из строя.

Разрушение материала полимерной оболочки можно объяснить возникновением растягивающих напряжений, вызванных адгезией полимерного материала к внутренней поверхности стальной трубы и не возможностью его усадки при охлаждении и переходе из вязко-пластического состояния в твёрдое.

В данной работе сделана попытка оценить величину этих напряжений. При окончании процесса полимеризации, охлаждения и снятия внутреннего давления полимерная труба стремится уменьшить свои размеры (диаметр и длину), однако за счёт высокой адгезии эпоксидной смолы к внутренней поверхности стальной трубы этого не происходит и полимерная труба оказывает растянутой как в радиальном так и в осевом направлениях. Это опасно, если учесть, что полимерный материал трубы хрупкий и на ее поверхности образуется достаточно много концентраторов напряжения, что и приводит к её разрушению.

Если предположить, что в полимерной трубе возникает простое двухосное растяжение, что соответствует напряженному состоянию материала цилиндрической тонкостенной оболочкой с днищем, находящийся под внутренним давлением. Причём её радиальное перемещение можно принять равным усадке материала, которое возникает при его охлаждении и полимеризации. В этом случае приближенно можно принять, что меридиальные и окружные напряжения возникающие в стенке полимерной трубы могут быть вычислены по известной [1] формуле

$$\left.\begin{aligned} \sigma_m &= \frac{pR}{2h} \\ \sigma_t &= \frac{pR}{h} \end{aligned}\right\}, \qquad (1)$$

где p – внутреннее давление в трубе,

R – радиус срединой поверхности трубы,

h – толщина стенки трубы.

Однако непосредственно определить величину этих напряжений не представляется возможным, т. к. неизвестно давление, которое необходимо создать внутри полимерной трубы.

Таким образом, задача статически неопределима, поэтому для её решений необходимо рассмотреть деформации, возникающие при её формировании. Если предположить, что цилиндрическую оболочку радиуса R нагрузили внутренним давлением то её радиус должен увеличиваться на величину ω [2]:

$$\omega = \frac{pR^2}{hE}(1 - \mu/2), \qquad (2)$$

где ω – радиальное перемещение точек трубы,

E – модуль упругости,

μ – коэффициент Пуассона.

С другой стороны, можно предположить, что это перемещение равно усадке материала, тогда

$$\omega = \Delta = \frac{pR^2}{hE}(1 - \mu/2), \qquad (3)$$

где Δ – усадка материала.

Учитывая равенство (3) давление p может быть вычислено как

$$p = \frac{hER\delta}{R^2(1 - \mu/2)} = \frac{hE\delta}{R(1 - \mu/2)}. \qquad (4)$$

Тогда меридиональные и окружные напряжения в материале полимерной трубы могут быть вычислены как

$$\sigma_t = \frac{pR}{h} = \frac{hE\delta R}{R(1 - \mu/2)h} = \frac{E\delta}{(1 - \mu/2)}, \qquad (5)$$

$$\sigma_m = \frac{pR}{2h} = \frac{E\delta}{2(1 - \mu/2)}. \qquad (6)$$

Поскольку материал полимерной трубы находится в двухосном напряженном состоянии и является хрупким, то

$\sigma_1 = \sigma_t$, $\sigma_3 = \sigma_m$, $\sigma_2 = 0$, и по теории прочности Мора эквивалентные напряжения могут быть определены как [2]

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_1 - \upsilon\sigma_3$$

или

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{E\delta}{(1 - \mu/2)} - \upsilon\frac{E\delta}{(1 - \mu/2)2} = \frac{E\delta(1 - \frac{\upsilon}{2})}{(1 - \mu/2)}. \qquad (7)$$

Таким образом, $\sigma_{\text{экв}}$ во многом зависит от модуля упругости E. Применение для санации трубопроводов материалов с большим модулем Юнга (E), т. е. прочных и хрупких материалов сопряжено с большим риском. В данном случае не надо стремиться к повышению прочности т. к. хрупкие материалы склонны к трещинообразованию. Лучше пожертвовать некоторой прочностью, в пользу увеличения вязкости материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Феодосьев В.И.* Сопротивление материалов: учебник для втузов. 10-е изд., перераб. М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 512 с.

2. *Любошиц М.И.* Справочник по сопротивлению материалов / *М.И. Любошиц, Г.М. Ицкович*. 2-е изд., исправл. и доп. Минск: Высшая школа, 1969. 464 с.

УДК 621.396.6

ИНВАРИАНТНЫЙ ИНТЕРАКТИВНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЁТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ДЛЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

В.В. Баруздин, Д.Д. Нодиршоев, А.В. Печаткин

Научный руководитель – А.В. Печаткин, канд. техн. наук, заведующий кафедрой радиоэлектронных и телекоммуникационных систем

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева

Рассмотрены вопросы интерактивного численного расчёта размерных цепей на основе нескольких типовых методик решения прямой задачи. Цепь может быть задана без ограничения размерности уменьшающих и увеличивающих звеньев и местоположения неизвестного (искового) звена.

Ключевые слова: *размерные цепи, прямая задача расчёта, компьютерная интерактивная модель.*

INVARIANT INTERACTIVE AUTOMATED CALCULATION OF DIMENSIONAL CIRCUITS FOR TOPOLOGICAL ELEMENTS AND CONSTRUCTION OF ELECTRONIC PRODUCTS

V.V. Baruzdin, D.D. Nodirshoev

Scientific Supervisor – A.V. Pechatkin, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Radio-Electronic and Telecommunication Systems

Rybinsk state aviation technical University named after P.A. Solovyov

The problems of interactive numerical calculation of dimensional chains are considered on the basis of several standard methods for solving a direct problem. A chain can be specified without limiting the dimension of the decreasing and increasing links and the location of the unknown (claim) link.

Keywords: *dimensional chains, direct calculation problem, computer interactive model.*

Активное развитие современных технологий в области радио- и приборостроения привело к широкому распространению аддитивных технологий, к числу которых относятся, как правило, относят различные технологии FDM-печати (*Fused Deposition Modeling* – метод послойного наплавления или, по-другому, *Fused Filament Fabrication*), которые позволяют реализовать в едином технологическом цикле сложные полые составные и неразборные конструкции, например, корпуса излучателей и детекторов радиоизлучений для беспилотных дронов.

В таких технологиях 3D-печати в качестве исходного материала – *филамента* – обычно используются термопластичные сорта пластика, который «тает» при нагревании, и твердеет обратно при охлаждении.

При печати на любом FDM-принтере, программное обеспечение, управляющее принтером, вычисляет объем экструзии на основании диаметра филамента, диаметра сопла экструдера на принтере и скорости экструзии. Если у филамента нерегулярный диаметр, объем экстрадированного пластика будет меняться, т.е. будет наблюдаться т.н. нестабильная экструзия, которая неизбежно приведёт к изменению геометрии печатаемой детали. Реальный филамент не обладает абсолютно постоянным диаметром по всей длине – производителем всегда назначается допуск, в пределах которого будет варьироваться диаметр материала. Так, например, для наиболее часто применяющегося диаметра 1.75 мм, типичный допуск составляет ±30 мкм.

Однако 3D принтер, используется не только для создания конструкций, но и в органической и печатной электронике. Использование функциональной 3D печати, обеспечивающей интеграцию различных функциональных возможностей и материалов на одной подложке, открывает новые возможности для массового производства дешёвых электронных, радиоэлектронных и телекоммуникационных систем, как для гражданского, так и для боевого применения. Несмотря на очевидные преимущества, такие как использование только аддитивных процессов и отказ от субтрактивных, функциональная 3D печать и технологии печатной электроники имеют ряд недостатков по отношению к типовой литографии, например, в связи с худшим разрешением печатной электроники и связанным с этим потенциальным повышением затрат на функционирование.

Наряду с необходимостью развивать создание необходимых «функциональных чернил», с помощью которых печатаются индуктивности, ёмкости, резисторы, транзисторы, диоды, батареи, трассы, блоки памяти, чувствительные элементы и дисплеи, требуется разработка соответствующих технологий печати, включающих технологии выполнения однородных тонких слоёв, контроля границ и совмещения слоёв.

Анализ показывает, что печатная электроника экономически выгодна в приложениях, которые ограничены по площади, между тем она экономически не выгодна в приложениях, которые функционально ограничены по плотности. На сегодняшний день, наиболее перспективной для формирования пассивных и активных электронных схем является относительно медленная струйная печать или, иначе, технология «*drop-by-drop*» – капля за каплей. В таком методе имеется так называемый «конус неопределённости», зависящий от угла выброса капли из сопла: обычно около 10 мкм – результат ±3σ разброса в размещении жидкого материала при падении с высоты. Это, в свою очередь, вносит линию шероховатости кромки и задаёт лимиты на размещение в проектные правила масштабирования.

Сильное влияние на линейные размеры топологического рисунка оказывают и явления сушки, т.к. при этом наблюдается сильная миграция материала от центра капли к её краям из-за сильных конвективных сил, связанных с испарением растворителя из «функциональных чернил». Это приводит к увеличению толщины печатных слоёв, увеличению шероховатости, появлению острых кромок особенно в переходных отверстиях. Учитывая рассмотренные аспекты технологии 3D-печати, на ранних этапах проектирования необходимо уделять особое внимание процессам обеспечения заданной точности конструктивного и топологического рисунка и, как следствие, комплексному использованию нескольких моделей расчёта размерных цепей, учитывающих вероятностное поведение процессов формообразования 3D топологии, а также возможность использования лазерной подгонки (компенсатора) [1].

Так как в процессе проектирования электронных схем и конструкций, создаваемых с помощью аддитивных технологий, возникает много неопределённостей, необходимо, чтобы аналитические модели расчёта плоских и объёмных размерных цепей были гибкими, интерактивными, открытыми и наглядными. Это особенно важно, в том числе в учебном процессе подготовки выпускников вузов по востребованным направлениям, связанным с инжинирингом электронных и радиоэлектронных средств и систем и использования перспективных дешёвых массовых технологий. С переходом на функциональную 3D печать и технологии печатной электроники современный проектировщик (дизайнер) электронного оборудования престаёт быть узким специалистом и трансформируется в схемотехника-конструктора-технолога в одном лице.

Для использования в профильных дисциплинах учебного процесса академических и прикладных бакалавров направления 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» на текущий момент силами студентов кафедры РТС РГАТУ в среде широко распространённой системы инженерного анализа (CAE) MathCAD реализованы следующие

модели расчёта (прямые задачи): полной взаимозаменяемости; теоретико-вероятностный; метод регулирования [2, 3]. Система MathCAD позволяет строить открытые и удобные для чтения, понимания, использования, сопровождения и развития компьютерные интерактивные модели с контролем корректности ввода исходных данных, промежуточных и окончательных вычислений.

В зависимости от метода расчёта в качестве входных данных задаются: размер и допуск замыкающего звена; размеры уменьшающих и увеличивающих звеньев, коэффициент риска, закон распределения (Гаусово, равновероятностное, Симпсоновское), уровень завышения квалитета. Размерность цепи и матрицы данных автоматически изменяются при формировании векторов уменьшающих и увеличивающих звеньев. В процессе расчёта размерной цепи, последовательно осуществляется: вычисление размера неизвестного звена; формирование полного массива цепи в формате: «замыкающее звено/уменьшающие звенья/увеличивающие звенья» – при этом неизвестное звено может указываться где угодно, и будет рассчитано и установлено в свою истинную позицию; вычисление размерного порога, квалитетов и допусков для звеньев, верхних и нижних предельных отклонений; отклонений середины поля допуска от номинального размера для замыкающего и составляющих звеньев; размеров, соответствующих середин поля допуска каждого звена; выполняется проверка точности вычислений. Каждый шаг вычислений также имеет промежуточный контроль и возможность информирования пользователя.

Как уже отмечалось, компьютерные модели успешно внедрены в учебный процесс, в лабораторный практикум по дисциплине «Теория точности в разработке конструкций и технологий», сквозное курсовое проектирование и выполнение выпускной квалификационной работы [3].

В разработке компьютерных моделей активное участие принимали иностранные студенты (академические бакалавры) из Таджикистана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кизимов А.Т.* Обеспечение заданной точности выходных параметров радиоэлектронного устройства на основе статистического расчёта допусков компонентов / А.Т. Кизимов, А.В. Печаткин, А.Н. Смирнов // Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьёва. Рыбинск: РГАТУ, 2015. №1 (32). С. 171–177.

2. *Путято А.В.* Расчёт размерных цепей: Учебное пособие для студентов технических специальностей / А.В. Коваленко, А.В. Путято. Гомель: БелГУТ, 2008. 32 с.

3. *Кизимов А.Т.* Теория точности в разработке конструкций и технологий: Учебное пособие. Рыбинск: РГАТУ имени П.А. Соловьёва, 2016. 97 с.

УДК 621.73.07

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКРЫТИЯ ОСЕВОГО ДЕФЕКТА СЛИТКА ПРИ КОВКЕ ЕГО В БОЙКАХ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

[1] В.Б. Ким, [2] И.В. Гребенюк

Научный руководитель – Е.А. Панин, старший преподаватель

[1] Карагандинский государственный индустриальный университет
[2] Рудненский индустриальный институт

В работе приведены результаты компьютерного моделирования и лабораторного эксперимента по закрытию осевого дефекта при деформировании в бойках новой конструкции. В результате математического планирования эксперимента получено уравнение регрессии, характеризующее зависимость степени закрытия дефекта от таких параметров процесса, как диаметр дефекта, суммарное обжатие и угол наклона граней.

Ключевые слова: ковка, бойки, моделирование, эксперимент, уравнение регрессии.

STUDY OF CLOSURE OF THE INGOT AXIAL DEFECT DURING FORGING IT IN THE DIES OF NEW DESIGN

[1] V.B. Kim, [2] I.V. Grebenyuk

Scientific Supervisor – E.A. Panin, Senior Lecturer

[1] Karaganda State Industrial University
[2] Rudny Industrial Institute

The paper presents the results of computer simulation and laboratory experiment to closure the axial defect in deformation in the dies of new design. As a result of mathematical planning of the experiment, the regression equation is obtained, which characterizes the dependence of the degree of closure of the defect on such process parameters as the diameter of the defect, the total compression and the angle of inclination of the faces.

***Keywords**: forging, strikers, modeling, experiment, regression equation.*

В настоящее время большое внимание уделяется разработке кузнечного инструмента с целью оптимизации процесса ковки. Анализ условий деформационной проработки металла показывает, что чем больше

число плоскостей максимального сдвига удается получить при обжатии, чем больше их протяженность, тем при меньшей деформации наступает разрушение литой структуры.

В работах [1, 2] была разработана и исследована технология протяжки заготовок, позволяющая реализовывать интенсивные сдвиговых деформаций заготовки по всему объему металла, и предложен кузнечный инструмент – замковые бойки для ее реализации. Данная технология показала хорошие результаты при лабораторных и промышленных испытаниях, которые заключались в повышении качества металла за счет получения более равномерной и мелкозернистой структуры и лучшего заваривания внутренних дефектов при ковке в данном инструменте по сравнению с ковкой в плоских бойках. При этом этот эффект достигается при меньшем укове, что позволяет снизить энергозатраты для производства высококачественных поковок. Но в тоже время у этой технологии имеется и свои недостатки. Во-первых, данная технология разрабатывалась для ковки поковок только прямоугольного сечения. Во-вторых, из-за имеющихся в данной конструкции углов возникали концентраторы дополнительных растягивающих напряжений.

Поэтому была предложена новая конструкция инструмента для реализации выше представленной технологии, чтобы была возможность использовать его для ковки круглых в плане поковок, и избежать возникновения даже небольших концентраторов возникновения растягивающих напряжений.

При реализации данной схемы деформирования заготовка на первом подвергается двум типам деформации (рис. 1):

1) осадка, которая вызывается движением одного бойка в сторону другого. Здесь заготовка подвергается формоизменению под действием нормальных напряжений, величина которых отличается от аналогичных сил, действующих на горизонтальной площадке, на величину косинуса угла наклона грани бойков. Данные напряжения направлены перпендикулярно граням бойков;

2) простой сдвиг, возникающий в поперечном направлении заготовки при деформировании ее наклонными бойками. Здесь заготовка подвергается формоизменению под действием тангенциальных напряжений, которые направлены параллельно граням бойков.

На втором этапе деформирования заготовка подвергается кантовке на 90 градусов и последующей аналогичной протяжке в бойках с наклонными гранями (рис. 2). То есть, как видно из рис. 2, здесь заготовка подвергается тем же двум типам деформации: осадке и сдвигу. Однако в этом случае процесс формоизменения протекает в направлении, перпендикулярном предыдущему, что способствует проработке заготовки по всему поперечному сечению.

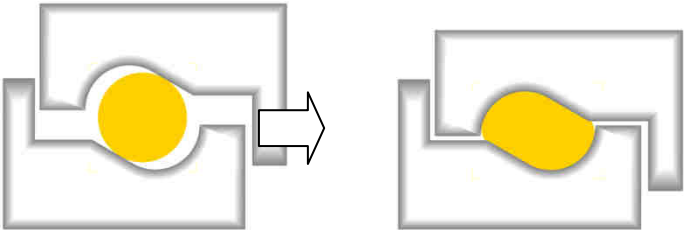


Рис. 1. 1-й этап протяжки в бойках с наклонными гранями

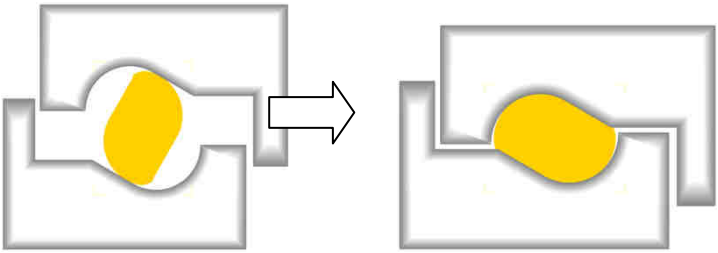
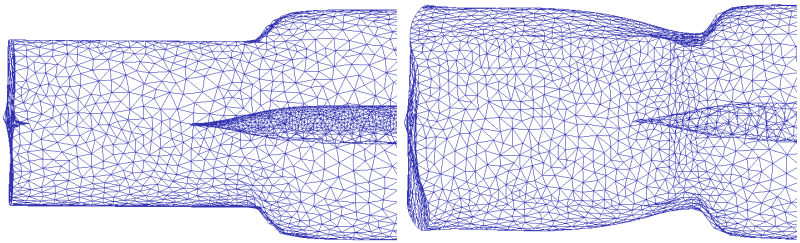


Рис. 2. 2-й этап протяжки в бойках с наклонными гранями



а) б)

Рис. 3. Протяжка в бойках с углом наклона граней 150°:
а – первый этап деформирования; б – второй этап деформирования

В ходе компьютерного моделирования данного способа деформирования с помощью программы Deform былибыли проведены исследования по изучению степени закрытия внутренних дефектов.Одним из ключевым параметром, влияющим на уровень развития сдвиговых деформаций, является угол наклона граней бойков. Поэтому было решено провести варьирование данным параметром с целью определения оптимального значения угла наклона граней. Для этого, были построены модели бойков с углами наклона граней 135°, 150°, 165° и 180° (плоские бойки).Заготовка была выполнена в виде цилиндра диаметром 30 мм, длиной 100 мм. В центре заготовки было

сделано сквозное отверстие диаметром 5 мм. Таким образом, площадь дефекта занимало 2,7% общей площади сечения.В ходе анализа данных моделей былоустановлено, что наиболее оптимальное значение угла наклона граней бойков равно 150° - при данной величине угла сквозное отверстие в осевой части заготовки полностью закрылось (рис. 3).

Для проведения лабораторного эксперимента были подготовлены 32 образцов из пластилина диаметром 30 мм с осевыми дефектами диаметром 5 мм и 3 мм, по 16 штук каждого вида. Процентное содержание дефектов в объеме заготовки составило 2,7% для дефекта диаметром 5 мм и 1% для дефекта диаметром 3 мм. Для эксперимента были изготовлены 2 комплекта бойков идентичной конструкции, в которых единственным отличием был угол наклона граней – 150 и 135 градусов. Анализ результатов исследования закрытия внутренних дефектов при деформировании заготовок в бойках новой конструкции, подтвердил результаты, полученные в ходе моделирования данного процесса (рис. 4).

Рис. 4. Лабораторный эксперимент

Анализ качества деформированных образцов был выполнен с использованием математического планирования эксперимента.В качестве функции отклика выбран параметр ε_f, характеризующий степень закрытия осевого сквозного отверстия. Так как дефекты после обжатия имеют форму, близкую к эллиптической, то степень закрытия отверстия определяли по формуле:

$$\varepsilon_f = (d_0 - m \cdot n)/d_0^2, \quad (1)$$

где d_0 – начальный диаметр отверстия;

m, n –малая и большая оси эллипса.

Параметрами варьирования были следующие факторы (табл. 1):

X_1 –диаметр дефекта;X_2 – суммарное обжатие;X_3 – угол наклона граней.

Таблица 1. Условия проведения эксперимента

Факторы	Основной уровень	Интервал варьирования	Верхний уровень	Нижний уровень	Единица измерения
X_1	4	1	5	3	мм
X_2	0,15	0,05	0,2	0,1	–
X_3	142,5	7,5	150	135	Град.

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента 2^3

№ опыта	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	$Y_{ср}$
1	+	+	+	0,84	0,82	0,83
2	-	+	+	0,95	0,93	0,94
3	+	-	+	0,75	0,77	0,76
4	-	-	+	0,89	0,91	0,90
5				0,87	0,87	0,87
6	-	+	-	0,99	0,99	0,99
7	+	-	-	0,93	0,91	0,92
8	-	-	-	0,95	0,95	0,95

Математическая обработка экспериментальных данных позволила получить следующее уравнение регрессии с натуральными выражениями факторов:

$$Y_{нат} = 1{,}752 - 0{,}05X_1 + 0{,}037X_2 - 0{,}005X_3. \quad (2)$$

Полученное уравнение регрессии с натуральными переменными позволяет определить оптимальные параметры процесса ковки заготовок в бойках новой конструкции, обеспечивающих полное закрытие внутреннего осевого дефекта. Так, для того, чтобы увеличить степень закрытия осевого дефекта, согласно уравнению (2), необходимо уменьшить диаметр дефекта и угол наклона граней, а суммарное обжатие – увеличить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнечный инструмент / А.Б. Найзабеков, Ж.А. Ашкеев, К.А. Ногаев и др. // Предпатент РК № 14306,2004.

2. *Найзабеков А.Б.* Математическое моделирование процесса поперечного сдвига при различных контактных условиях / А.Б. Найзабеков, Ж.А. Ашкеев, К.А. Ногаев // Технология производства металлов и вторичных материалов. 2003. № 2. С. 59-63.

УДК 621.9.025.7–182

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРЦЕВЫХ ФРЕЗ С РЕЗЦОВЫМИ ВСТАВКАМИ

Е.А. Костюничев, К.А. Украженко

Научный руководитель – К.А. Украженко, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается технико – экономическое обоснование использования торцевых фрез с различными резцовыми вставками.

Ключевые слова: *торцевая фреза, резцовые вставки, упругое перемещение, жесткость, виброустойчивость, экономичность.*

TECHNICAL–ECONOMIC SUBSTANTIATION OF END MILLS WITH INSERTS BURIN

E.A. Kostyunichev, K.A. Ukrazhenko

Scientific Supervisor – K.A. Ukrazhenko, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

We consider the technical-economic feasibility of using end mills with different inserts burin.

Keywords: *face milling cutter, tool inserts, elastic displacement, rigidity, vibration resistance, economy*

В настоящее время в механообработке начали применять конструкции сборных торцевых фрез (рис. 1), в корпусах которых устанавливают унифицированные резцовые вставки (рис. 2). Во вставках крепятся сменные многогранные пластины (СМП), различающиеся по форме и геометрическим параметрам.

Данные фрезы, наравне с аналогичными фрезами имеют следующие преимущества:

1) универсальность;

2) экономичность.

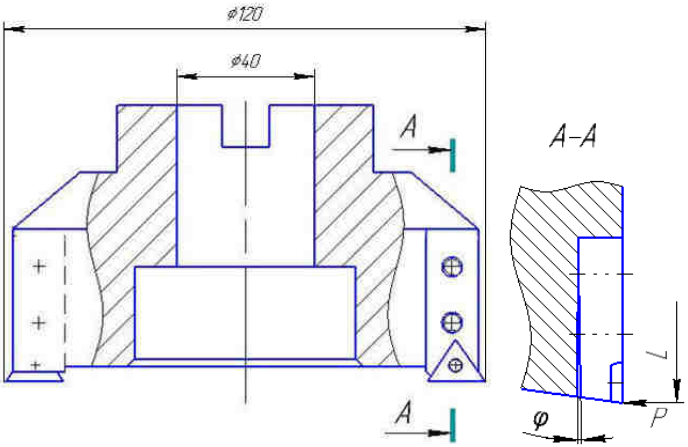


Рис. 1. Модульная торцевая фреза

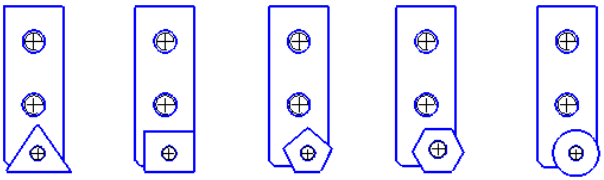


Рис. 2. Резцовые вставки

Универсальность заключается в расширении технологических возможностей и использования торцевых фрез для различных видов работ с разными СМП при обработке определённых материалов.

Экономичность заключается в использовании единого корпуса для более чем 20 компоновок торцевых фрез. Если учесть, что стоимость корпуса составляет (65÷75) % от стоимости фрезы, то в масштабах машиностроительного производства это, может быть, существенная экономия.

Проблема при разработке и эксплуатации модульных фрез состоит в том, что для надёжного и безвибрационного функционирования этих фрез, силы затягивания резцовых вставок должны быть достаточными для достижения определённого давления и жесткости в стыке, а также стабильны для всех вставок фрезы.

Жесткость в стыке определяется упругими перемещениями (φ) вставки (рис. 1) под действием сил резания P[1]:

$\varphi_y = \dfrac{k\,M}{I}$ – упругое перемещение в стыке вставки и корпуса;

ггде $k = \dfrac{C\,m}{\sqrt{\sigma}}$ – коэффициент контактной податливости, мкм мм^2/Н;

$M = PL$ – момент от сил резания P на длине L, Нм;

$I = \dfrac{a\,b^3}{12}$ – момент инерции стыка, мм^4;

a – ширина, b – длина стыка;

C – коэффициент, зависящий от параметра шероховатости Ra, для Ra0,2 ÷ 0,1 – (C = 0,25 ÷ 0,15);

m = 0,5 – показатель степени, учитывающий место приложения и повторяемость силы затягивания [2];

$\sigma = \dfrac{Pз}{F}$ – давление в стыке, Н/мм^2;

где $Pз$ – сила затягивания, Н; $F = a\ b$ – площадь стыка, мм^2.

Исходя из условия виброустойчивости, можно определить диапазон рабочих частот n_p:

$n_p = \omega_в = (0 \div \dfrac{\omega_0}{1{,}3})$ – рабочий диапазон частоты вращения фрезы, об/мин.

$\omega_в \leq (0{,}7 \div 0{,}8)\ \omega_o$ – условие виброустойчивости;

$\omega_в$ – вынужденная частота колебаний системы;

$\omega_0 = \sqrt{J/I_m}$ – собственная частота колебаний системы;

ггде $J = \dfrac{M}{\varphi_у}$ – жесткость в сопряжении вставки с корпусом, Н/мкм;

I_m – момент инерции колеблющейся массы, кг м^2;

По данной теме предусматривается разработка модульной торцевой фрезы с определёнными параметрами и конкретным технико-экономическим обоснованием её использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Украженко К.А.* Инструментальное обеспечение современных станков с ЧПУ: Монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2011. 327 с.
2. *Украженко К.А.* Повышение эффективности обработки на многоцелевых станках: Монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2008. 340 с.

УДК 621.9.02-229

ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАГАЗИНА ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ

И.А. Лисаков, К.А. Украженко

Научный руководитель – К.А. Украженко, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Проводится анализ всех типов инструментальных магазинов по критерию минимальных энергозатрат.

Ключевые слова: *инструментальные магазины, станки, устройства автоматической смены инструмента.*

THE CHOICE OF TOOL SHOP FOR MULTI-TASK MACHINES ACCORDING TO THE CRITERION OF MINIMUM ENERGY CONSUMPTION

I.A. Lisakov, K.A. Ukrazhenko

Scientific Supervisor – K.A. Ukrazhenko, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

An analysis of all types of tool stores is carried out according to the criterion of minimum energy inputs.

Keywords: *tool stores, machine, device for automatic tool changing.*

Основным элементом устройств автоматической смены инструмента (АСИ) являются инструментальные магазины – устройства, устанавливаемые на многооперационных станках, представляющих собой накопители инструментов большой емкости от 40 и более. Инструментальные магазины различают по месту их расположения, по типу конструкции и т.д. Классификация инструментальных магазинов представлена на рис.1.

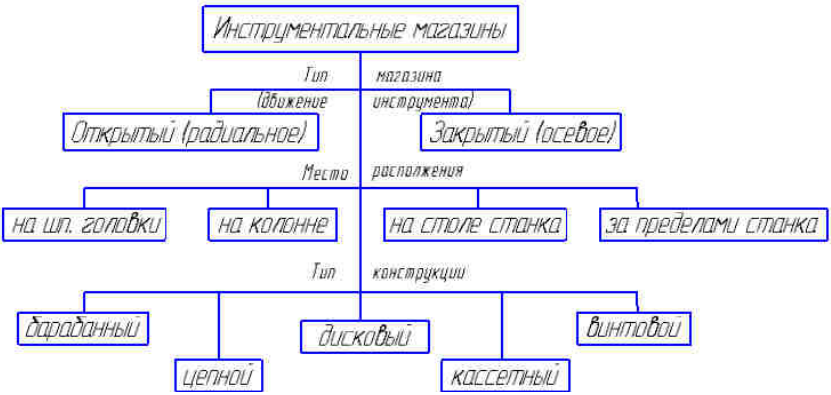
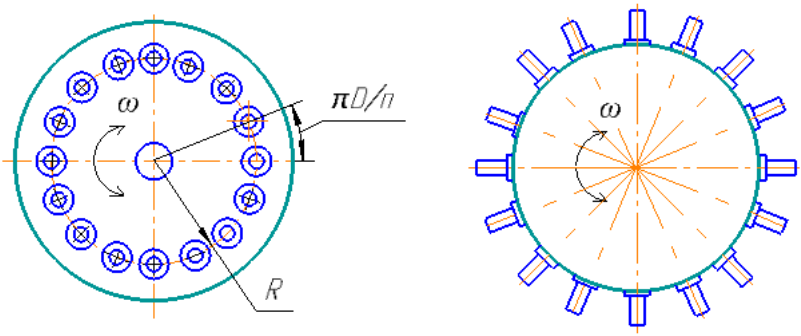


Рис. 1. Классификация инструментальных магазинов

В настоящее время широко применяются дисковые (рис. 2), цепные, барабанные инструментальные магазины, но в связи с тем, что из перечисленных магазинов требуется поворот или перенос всех инструментов, находящихся в магазине в процессе смены, то они энергозатратны.



а) б)

Рис. 2. Дисковый инструментальный магазин:
а – с осевой установкой инструмента; б – с радиальной

В результате этого начали использовать стационарные магазины, которые в процессе замены инструмента используют транспортный робот, переносящий инструмент на исходную позицию, а после этого манипулятор АСИ проихводит смену отработавшего инструмента и установку нового в шпиндель станка.

Энергнозатраты (W) при перемещении инструмента из магазина до исходного положения можно расчитать по формуле

$$W = 10^{-3} N_n \cdot t, \text{ кВт}\cdot\text{ ч}$$

Потребляемую мощность N определяем из выражения

– *для дискового магазина*: $N_д = \sum_{n=1}^{n=40} N_{дn} = J\cdot \omega_n^{\ 2}$, Вт;

$n = 40$ – число инструментов в магазине;

$J = \frac{m_д \cdot R^2}{2}$ – момент инерции инструмента с диском, кг·м^2;

где $m_д$ – масса дискового магазина с инструментом, $m_д = 600$ кг;

R – радиус размещения инструмента на диске, 1275 мм;

ω_n – угловая скорость дискового магазина, $\omega_n = V/R$, рад/с;

V_n – линейная скорость перемещения инструмента, м/с;

– *для кассетного магазина*: $N_к = \sum_{n=1}^{n=40} N_{кn} = F\cdot V_n \cdot p$, Вт,

где $F = m_к \cdot a$ – усилие робота при перемещении груза, Н;

$m = m_и + m_м$ – масса перемещаемого груза, кг;

$m_и$ – средняя масса одного инструмента, $m_и = 10$ кг;

$m_м$ – масса манипулятора транспортного робота, $m_м = 100$ кг;

$p = 2$ – коэф., учитывающий повторные движения робота;

$V_n = k\sqrt{a\cdot S_{ij}}$ – оптимальная скорость перемещения, м/с;

где $k = 0{,}6$ – коэф., устан. оптимальную зависимость между N и t;

a – ускорение перемещения инструмента, $a = 3$ м/с^2;

S_{ij} – кратчайшее расстояние от исх. пол. инструмента в кассете

($i = 1{,}2 \ldots 5$ – номер ряда; $j = 1{,}2 \ldots 8$ – номер инструмента в ряду).

Расстояние S_{ij} для каждого i-го ряда можно записать в общем виде:

$i = 1, \quad S_{i1} = 2l;\ S_{i2} = 3l \ldots S_{i8} = 9l; S_{ij} = (j + 1)l;$

$i = 2(4), \quad S_{21} = S_{41} \ldots S_{28} = S_{48} = \sqrt{l^2 + [(j + 0.5)\cdot l]^2}$

$i = 3(5), \quad S_{31} = S_{51} \ldots S_{38} = S_{48} = \sqrt{(2l)^2 + [(j + 1)\cdot l]^2}$

$l = 200$ (рис. 3), мм;

$t = S_{ij}/V_n$ – время работы на перемещение инструмента, с.

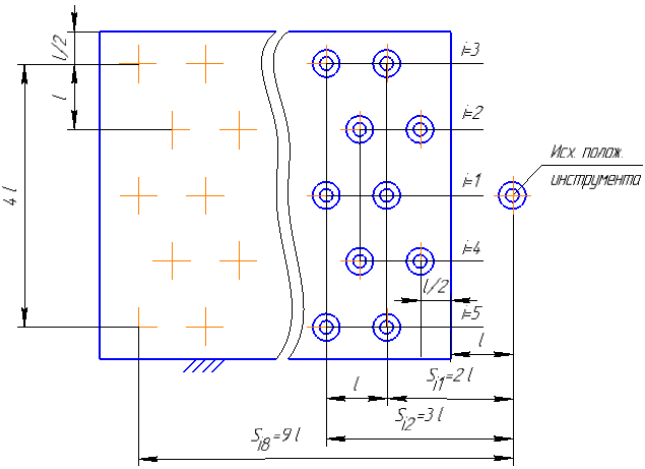


Рис. 3. Схема расположения инструмента в кассетном магазине

Принятые для расчёта допущения:

1. Все инструменты расположены в последовательности выполнения ими технологических операций;
2. Инструмент в дисковом магазине уравновешен относительно оси вращения;
3. Перемещение инструмента из магазина происходит по кратчайшему пути

Сравнительный расчёт энергозатрат по смене инструмента в магазине ёмкостью 40 инструментов составил:

– для кассетного (неподвижного) $W_к$= 28 кВт·ч;

– для дискового (подвижного) $W_д$ = 60 кВт·ч.

Из расчёта видно, что энергозатраты для кассетного магазина в 2÷2,5 раза меньше, чем дискового магазина. Это связано с тем, что в дисковом магазине происходит поворот или перенос всех инструментов, находящихся в магазине в процессе смены, а в кассетном перенос инструмента из магазина на исходную позицию каждого индивидуально.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Украженко К.А.* Инструментальное обеспечение современных станков с ЧПУ: Монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2011. 327 с.

2. *Украженко К.А.* Повышение эффективности обработки на многоцелевых станках: Монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2008. 340 с.

УДК 62.114

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ

О.К. Украженко

Научный руководитель – К.А. Украженко, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Представлена дополнительная опция, позволяющая расширить технологические возможности многоцелевых станков

Ключевые слова: *операция протягивания, инструментальный модуль, револьверная головка, токарный центр.*

TO A QUESTION ON INCREASING THE EFFICIENCY OF MACHINING WITH MULTIPURPOSE MACHINES

O.K. Ukrazhenko

Scientific Supervisor – K.A. Ukrazhenko, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

An additional option allowing the expanding of the technological capabilities of multipurpose machines is presented.

Keywords: *drawing, tool component, turret, turning centre.*

С момента появления (1958 г., США) многоцелевых станков (МС), технологические процессы начали выполнять по новому принципу - концентрации операций на одном рабочем месте, где можно полностью произвести обработку деталей. Это позволило сделать производство значительно экономичным, в том числе благодаря постоянному совершенствованию станков посредством инструментальной техники, которое, как показала практика, является наиболее рентабельным направлением повышения эффективности обработки на производстве в сравнении с другими компонентами технологической системы [1].

Несмотря на то, что современное оборудование обладает большим числом опций (операций), обработка внутренних малогабаритных и сложнопрофильных поверхностей, таких как шпоночный паз, шлицы, рифление (рис. 1, а), с использованием соответствующего инструмента (рис. 1, б), оказывается затруднительной, или даже невозможной, в силу габаритов инструмента и необходимых для его перемещений. В результате этого прерывается цикл работы и требуется перенос деталей на другой станок.

а)

б)

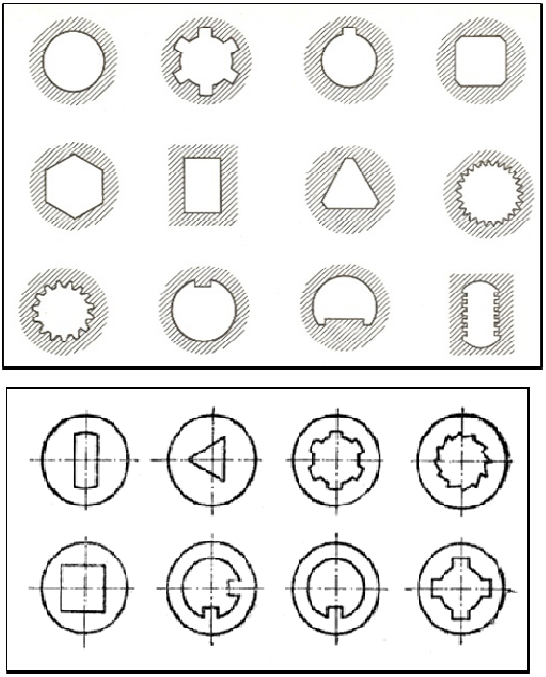


Рис. 1. Примеры широко используемых форм сечений:
а) обрабатываемых отверстий; б) обрабатывающих инструментов

Очевидным и актуальным становится создание технологии, которая могла бы осуществить изготовление внутренних поверхностей с необходимой точностью и высокой производительностью. Для решения этой проблемы выбрана операция протягивания(прошивания, дорнирования, калибрования).Она может быть использована при обработке отверстий на токарных МС в таких деталях как: шестерни, маховики, ступицы, диски, крышки и другие (рис. 2), и должна выполняться взаимозаменяе-

мым инструментальным модулем, устанавливаемым в револьверную головку.

Рис. 2. Примеры обрабатываемых деталей в машиностроении

Для установки и закрепления протяжного инструментального модуля в токарном МС может быть использована оправка. Одним из широко используемых видов крепления оправок в револьверных головках являются цилиндрические хвостовики с лыской и рифлениями на ней, соединения типа «VDI» DIN 69880, ГОСТ 24900-81, и креплением в револьверной головке посредством рифлений и затяжного клина [2].

Существующие аналоги в виде прошивных модулей обрабатывают, с помощью вибрации, только симметричные поверхности, в то время как разрабатываемый сможет обработать любые формы отверстий согласно изготовленной режущей части. Для несимметричной обработки используются прорезные резцы, но их производительность оказывается значительно ниже в сравнении с предлагаемым протяжным инструментом, выполняющим формообразование за один проход.

Наиболее распространенными обрабатываемыми поверхностями являются отверстиями со шпоночными пазами. Предлагаемый модуль позволяет произвести обработку по трем схемам резания (генераторной, профильной, прогрессивной) в зависимости от размеров формы обрабатываемого отверстия, снимаемого припуска и материала.

Данная работа была представлена на конкурс «УМНИК 2017», где получила грант поддержки инновационных проектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Украженко К.А.* Специализированный инструмент для авиа- и автомобилестроения: Монография / К.А. Украженко, О.К. Украженко. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. 223 с.

2. *Украженко К.А.* Инструментальные системы машиностроительных производств: Монография. Ярославль: Изд. дом ЯГТУ, 2015. 235 с.

УДК 517.925

PPAP КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЯ

О.М. Васильченко, А.В. Оборин

Научный руководитель – А.В. Оборин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается порядок и последовательность предоставления поставщиком комплекта документов по процессу одобрения производства части в соответствии с требованиями ISO/TS 16949.

Ключевые слова: *папка PPAP, PFMEA, MSA, SPC, качество, поставщик, потребитель, заявка на одобрение.*

PPAP AS A TOOL FOR IMPLEMENTING CUSTOMER REQUIREMENTS

O.M. Vasilchenko, A.V. Oborin

Scientific adviser – A.V. Oborin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the order and sequence of the vendor's supply of documents on the approval process for the production of the part in accordance with the requirements of ISO/TS 16949.

Keywords*: PPAP folder, PFMEA, MSA,SPC, quality, supplier, customer, application for approval.*

В последнее время появилось много компаний, для которых стало необходимым получение одобрения потребителем своего производства. Это связано с тем, что поставщики первого уровня (предприятия, которые осуществляют поставки автокомпонентов непосредственно автосборщику) распространяют требования по одобрению производства на своих поставщиков.

С помощью PPAP можно определить, правильно ли понимаются поставщиком технические требования потребителя и имеет ли потенциал производственный процесс поставщика.

Был исследован процесс перспективного планирования качества продукции производства автомобильного компонента(АК) «Проставки» и сбор документированных доказательств того, что требования, выставленные потребителем поставщику выполнены и производство имеет возможность выпускать в назначенных объемах соответствующие заданным требованиям АК.

Для одобрения производства АК «Проставки» предприятием-поставщиком был представлен потребителю следующий перечень документов: протокол FMEA процесса (рис. 1); карта потока процесса (рис. 2); план управления – APQP; протокол анализа измерительных систем – MSA (рис. 3); документация по статистическим методам анализа – SPC (рис. 4); контрольные образцы; заявка на одобрение.

Рассмотрим подробнее проведение анализа PFMEA, MSA и SPC.

Процесс производства исследуемого АК «Проставки» включает в себя восемь операций. Схематически карта потока по процессу производства «Проставки» представлена на рис. 1. Она разработана для визуализации процесса, на момент проведения анализа PFMEA.

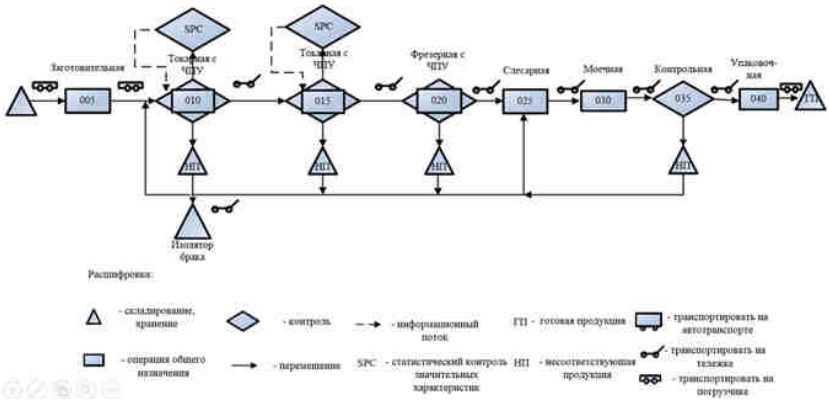


Рис. 1. Карта потока процесса

Основная задача PFMEA – улучшение процесса. При анализе FMEA определяются вид, последствия и причины потенциальных дефектов.

Например, проанализировав один параметр– «Не выдержан размер Ø 29,5+0,021 отклонение в "+"», последствием будет увеличение зазора с сопрягаемой деталью при сборке. Причиной этому дефекту служит

ошибка при наладке, неправильная привязка режущего инструмента. Мерами по обнаружению данного дефекта является контроль первой детали контролером, контроль деталей оператором с периодичностью 1/3, 100% приемочный контроль контролером.

И таким же образом исследованы остальные ключевые параметры, выделенные потребителем.

Каждый из видов дефектов был ранжирован по 10ти бальной шкале, где оценивались вероятности обнаружения, возникновения и значимости потенциального дефекта. Затем произведением всех баллов было получено значение ПЧР.

Полученные значения ПЧР по каждому из дефектов были сравнены с установленным потребителем ПРЧгр. и было получено ПЧР<ПРЧгр, это говорит о том, что данный технологический процесс удовлетворительный (рис. 2).

	Протокол FMEA №											Лист 1	Листов 2					
	Область применения: □ совершенствование □ проектирование		□ FMEA Конструкции ☑ FMEA Процесса		Руководитель FMEA – команды:						Обозначение детали: Проставка 5343.130B008							
					Состав FMEA – команды:						ПЧР гр = 110							
Технологические операции/ Параметр	Вид потенциального дефекта	Существующее состояние									Перспективное состояние							
		Последствия потенциальных дефектов	Балл S	Классификация	Причины потенциальных дефектов	Балл O	Меры по обнаружению дефекта	Балл D	ПЧР	Рекомендуемые мероприятия по улучшению	Срок	Ответственный	Результаты действий					
													Предпринятые действия	S	O	D	ПЧР	ok
Токарная с ЧПУ (оп. 010)																		
Точить диаметр Ø29,5$^{+0,021}_{0}$	Не выдержан размер Ø29,5$^{+0,021}_{0}$ отклонение в «-»	Необходимость доработки после 2-ой токарной (015) операции	8	◑	Ошибка при наладке, износ режущего инструмента	3	Контроль первой детали контролером Контроль деталей оператором с периодичностью 1/3. 100% приемочный контроль контролером	3	72									
	отклонение в «+»	Увеличение зазора с сопрягаемой деталью при сборке	8		Ошибка при наладке, неправильная привязка режущего инструмента	2		3	48									
Шероховатость Ra 1,25	Не выдержан параметр Шероховатость Ra 1,25	Ухудшение зазора с сопрягаемой деталью при сборке	6		Несоблюдение режимов	2	Контроль первой детали контролером и после смены инструмента..	6	72									
Токарная с ЧПУ (оп. 015)																		
Точить диаметр Ø 100$^{0}_{-0,054}$	Не выдержан размер Ø 100$^{0}_{-0,054}$ отклонение в «+»	необходимость доработки.	6	◑	Ошибка при наладке, износ режущего инструмента	3	Контроль первой детали контролером. Контроль деталей оператором с периодичностью 1/10. Выборочный приемочный контроль контролером	4	72									
	отклонение в «-»	Увеличение зазора с сопрягаемой деталью при сборке	6		Ошибка при наладке	2		4	48									
Биение 0,03 мм	Не выдержан параметр Биение 0,03 мм	Увеличение зазора с сопрягаемой деталью при сборке	6	◑	Несоблюдение режимов Появление дефтов при работе станка	2	Контроль первой детали контролером. Периодическая провер-	6	72									

Рис. 2. Протокол FMEA

В ходе расчета измерительной системы по параметру Ø29,5+0,021 сходимость и воспроизводимость относительно поля допуска составляет GRR = 5,18%.

Полученный результат 5,18 %< 10% - говорит о том, что измерительная система является пригодной.

Количество различимых категорий ndc = 4, полученный результат говорит о том, что измерительная система годится только для грубой оценки.

Протокол анализа измерительного процесса по параметру Ø 29,5+0,021 представлен на рис. 3.

Протокол анализа измерительного процесса
(оценка сходимости и воспроизводимости) №

	Параметр Наименование: Ø29,5 $^{+0,021}$	**Автомобильный компонент** Наименование: Проставка Номер: 5343.1308008
Средство измерительной техники Номер: Наименование: нутромер микрометрический трехточечный электронный Micron	Верхняя граница допуска (USL): 0,021 Нижняя граница допуска (LSL): 0	Количество образцов: 10 Количество операторов: 3 Количество попыток: 2

Анализ измерений			**% к общей изменчивости (TV) и допуску (USL – LSL)**
Сходимость - изменчивость оборудования (EV) $EV=\bar{R} \times K_1 = 0{,}00106344$	*Попытки*	K_1	*%EV=100[EV/TV] = 30,14%* *%EV=100[EV/(USL-LSL)] =* **5,06%**
	2	*0,8862*	
	3	*0,5908*	
Воспроизводимость - изменчивость контролера (AV) $AV=\sqrt{[\bar{X}_{diff} \times K_2]^2 - [EV^2/(n \times r)]} = 0{,}000232$	*Число операторов*	K_2	*%AV=100[AV/TV] = 6,58%* *%AV=100[AV/(USL-LSL)] =* **1,11%**
	2	*0,7071*	
	3	*0,5231*	
Сходимость и воспроизводимость (R&R) $R\&R=\sqrt{EV^2 + AV^2} = 0{,}001088445$	*Число единиц*	K_3	*%R&R=100[R&R/TV] =30,85%* *%R&R=100[R&R/(USL-LSL)] =* **5,18%**
	2	*0,7071*	
Вариации контрольных единиц (PV) $PV=R_R \times K_3 = 0{,}003355733$	*3*	*0,5231*	*%PV=100[PV/TV] = 95,12%*
	4	*0,4467*	
	5	*0,4030*	
Полная вариация (TV) $TV=\sqrt{R\&R^2 + PV^2} = 0{,}003527841$	*6*	*0,3742*	ndc=1,41*[PV/R&R]* = 4,35 ≈ **4**
	7	*0,3534*	
	8	*0,3375*	
	9	*0,3249*	
	10	*0,3146*	

Рекомендации по оценке измерительного процесса по значению %R&R

менее 10%	**от 10% до 30%**	**более 30%**
Измерительный процесс приемлем	Измерительный процесс, может быть приемлем в зависимости от важности параметра, стоимости прибора и т.п.	Измерительный процесс нуждается в улучшении. Найдите и устраните причины высокой изменчивости

Выводы Измерительный процесс приемлем

Рис. 3. MSA–анализ

Для анализа стабильности процесса производства «Проставки» строится картаШухарта, а также рассчитываютсяиндексы воспроизводимости Cp, Cpk, Pp, Ppk.

Рассмотрим процесс обработки диаметра отверстия размером Ø29,5+0,021.

Точки на обеих контрольных картах находятся внутри контрольных пределов. При этом не наблюдается ни систематическихсмещений (трендов), ни каких-либо других признаков выхода процесса из-под контроля: точки обеих карт равномерно (во всяком случае, на основе визу-

ального анализа) колеблются относительно соответствующих средних линий (рис. 4).

По результатам расчета индексов воспроизводимости и пригодности получены Ср = 1,36; Срk = 1,39; Рр=1,35; Ppk =1,34.

Так как Ср>1,33 и Рр>1,33, то делаем вывод о том, что процесс работает хорошо.

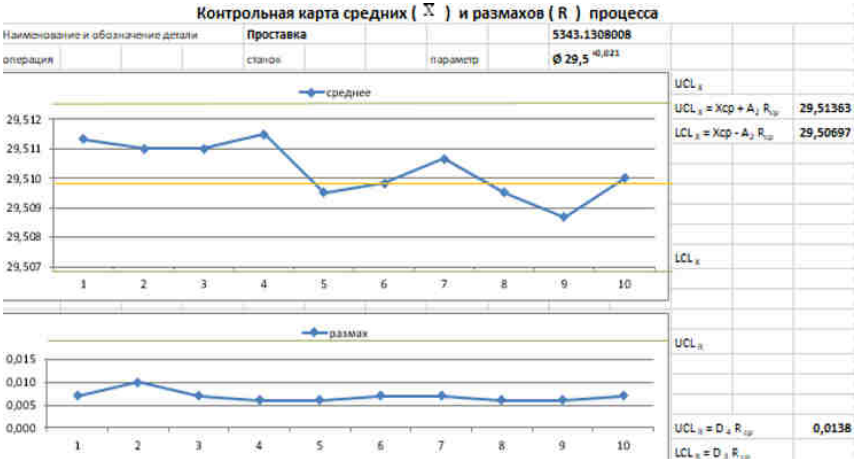


Рис. 4. SPC–анализ

Итоги проведенного PPAPa предоставляются потребителю для проведения согласования и одобрения для дальнейшего изготовления продукции.

На данном этапе потребитель оценивает результаты проведенных исследований перспективного планирования качества продукции «Проставки». Так как результаты удовлетворяют его требованиям, а полученные значения лежат в пределах допуска и не выходят за их границы, следует ожидать полного одобрения производства и поставки данной продукции.

После одобрения поставщик имеет право осуществлять поставку продукции, в соответствии с графиком поставок потребителяи должен обеспечить соответствие продукции всем требованиям потребителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51814.1–2009 Системы менеджмента качества Особые требования по применению ИСО 9001:2008 в автомобильной промышленности и организациях, производящих соответствующие запасные части. М.: Стандартинформ, 2009. 34 с.

2. ГОСТ Р 51814.4-2004 Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Одобрение производства автомобильных компонентов. М.: Госстандарт России, 2004. 32 с.
3. *Васильченко О.М.* Применение методов APQP в обеспечении качества продукции на машиностроительных предприятиях / О.М. Васильченко, А.В. Оборин // Сб. мат. конф. ЯГТУ: электр. издание. Ярославль, 2017. С. 113.

УДК 621.9.014.001.631.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ С МЕТАЛЛАМИ

А.В. Свешникова, А.М. Шапошников

Научный руководитель – А.М. Шапошников, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается экспериментальные исследования прочности сцепления полимерных покрытий с металлами.

Ключевые слова: *полиамиды, сцепление, прочность, покрытие, температура, толщина.*

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE STRENGTH OF COATING OF POLYMER COATINGS WITH METALS

A.V. Sveshnikova, A.M. Shaposhnikov

Scientific Supervisor – A.M. Shaposhnikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The experimental studies of the adhesion strength of polymer coatings with metals are considered.

Keywords: *polyamides, adhesion, strength, coating, temperature, thickness.*

1 Влияние дисперсности порошка полимера на прочность сцепления полимерного покрытия с металлами

Температура плавления порошка должна быть ниже, чем температура деструкции. Из рис. 1 видно, что для нанесения тонкослойных покрытий целесообразно применять полимерные покрытия дисперсностью 0,1–0,25 мм. Перед нанесением полимерных порошков они должны быть просушены в сушильном шкафу при температуре 80 °С в течение 7 часов.

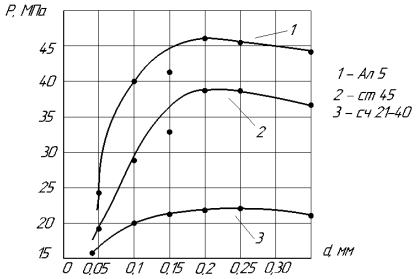


Рис. 1. Зависимость прочности сцепления полимерного порошка с основанием от дисперсности порошка полимера

2 Влияние вида и количества наполнителя на прочность сцепления полимерных покрытий с металлами

Эффективность действия определяется близость молекулярных свойств поверхности частиц и полимера. Для исследования влияния вида и количества наполнителя брались: тальк, графит, окись хрома, алюминиевая пудра. Наилучшие результаты были достигнуты при введении в полиамид алюминиевой пудры (рис. 2). Из рис. 2 видно, что прочность сцепления полимерного покрытия с металлом увеличивается при введении в порошок до 15% алюминиевой пудры. Окись хрома следует вводить в полимер не более 10%. Тальк и графит до 5% повлияют на прочность сцепления покрытия с основанием незначительно.

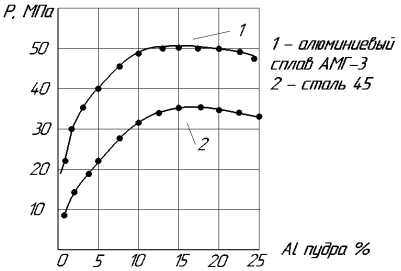


Рис. 2. Зависимость влияния добавки алюминиевой пудры на прочность сцепления покрытия с основанием

Увеличение прочности сцепления, объясняется тем что, свободные связи, образующиеся при формировании полимерного покрытия, связывают макромолекулы полимера, но и наполнителя.

3 Влияние природы металла, на который нанесено полимерное покрытие

Прочность сцепления полимерных покрытий с металлическими поверхностями зависит от вида металла. Эта зависимость обуславливается качеством окисных пленок, которые имеют разные металлы. Из рис. 3 видно, что наилучшую сцеляемость полиамид имеет к алюминию и сплавам на его основе.

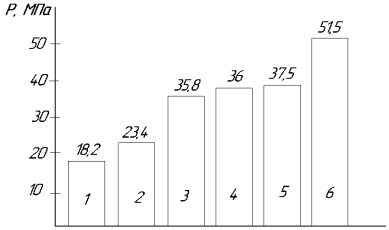


Рис. 3. Диаграмма зависимости прочности сцепления полиамида с различными металлами: 1 – Бронза БРОЦС 615 – 5; 2 – серый чугун СЧ 21-40; 3 – сталь У-7; 4 – сталь 45 закаленная; 5 – сталь 45 незакаленная; 6 – алюминий АМГ – 3

4 Влияние качества подготовки металлической поверхности перед нанесением покрытий

Одним из условий образования на металлических поверхностях сплошного прочного и лишенного дефектов полимерного покрытия, является подготовка их поверхности под покрытие. Для придания металлической поверхности шероховатости и очистки ее от различных видов загрязнений наилучшим является химический способ. Способ подготовки металлической поверхности зависит от шероховатости поверхности (рис. 4).

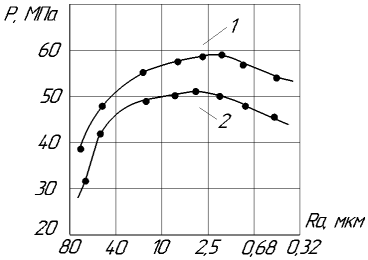


Рис. 4. Зависимость прочности сцепления полимерного покрытия с металлами поверхность (I–Ал-5; II–сталь 45) от шероховатости поверхности

Низкий класс шероховатости обработки снижает прочность сцепления полимерного покрытия, особенно при малых толщинах.

5 Влияние температуры металлической поверхности под полимерное покрытие

Нагрев деталей перед нанесением на них покрытий существенно влияет на прочность сцепления полимерного покрытия с основанием.

.

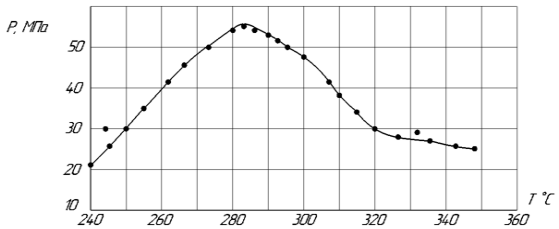


Рис. 5. Зависимость между прочностью сцепления покрытия с основанием и температурой нагрева основания: материал Ал–5

Повышение сцепляемости можно объяснить тем, что при температурах 280-300°С получается наилучшая смачиваемость полимером металлического основания (рис. 5). Выбор оптимальной температуры нагрева металлических деталей зависит от толщины наносимого полимерного покрытия.

6 Влияние толщины полимерных покрытий на прочность сцепления полимерных покрытий с основанием

Результаты исследования представлены на рис. 6.

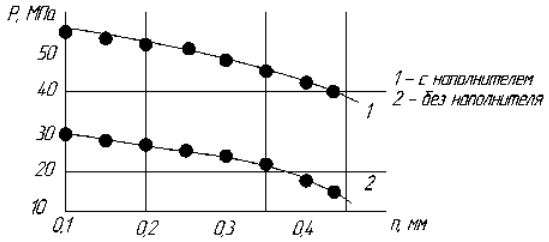


Рис. 6. Зависимость прочности сцепления полиамидного покрытия с основанием от толщины покрытия

Результаты показали, что, толщина полимерных покрытий не должна превышать 0,5 мм в связи с резким возрастанием напряжений в полимерных покрытиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бирюков В.В.* Восстановление бронзовых деталей машин порошками из цветных сплавов электроконтактным напеканием: диссертация кандидата технических наук 05.20.03 / В.В. Бирюков. М., 2005. 144 с.

2. *Сидоров А.И.* Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / Сидоров А.И. М.: Машиностроение, 1987. 190 с.

3. *Ищенко А.А.* Технологические основы восстановления промышленного оборудования современными полимерными материалами / Ищенко А.А. Мариуполь: ПГТУ, 2007. 250 с.

УДК 629.735.33

РАЗРАБОТКА КОРПУСА ДИСКООБРАЗНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ПОВОРОТНЫМ КРУГОВЫМ КРЫЛОМ

А.И. Репина, А.М. Шапошников

Научный руководитель – А.М. Шапошников, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается принцип построение летательного аппарата с поворотным круговым крылом, обеспечение возможности вертикального взлета.

Ключевые слова: *дискообразная конструкция, круглое крыло, поворотный двигатель, поворачивающееся крыло.*

THE DEVELOPMENT OF A DISK AIRCRAFT WITH A ROTARY CIRCULAR WING

A.I. Repina, A.M. Shaposhnikov

Scientific Supervisor – A.M. Shaposhnikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The principle of the construction of an aircraft with a rotary circular wing is considered, ensuring the possibility of vertical take-off.

Keywords: *disk-shaped construction, round wing, rotary engine, swiveling wing.*

Тема создания дискообразного летательного аппарата весьма актуальна в наши дни. Человечеству необходимо развивать более активно способы передвижения по воздуху, для чего и служат летательные аппараты. Необходимо обеспечить возможность вертикального взлета, что могло бы существенно сократить площадку для посадки. Исходя из всего этого, моей конечной целью является то, что необходимо разработать такой корпус летательного аппарата, который смог бы перевозить людей,

составляя конкуренцию популярным ныне способам передвижения по воздуху (самолеты, дирижабли и т.д.).

Различные проекты дискообразных летательных аппаратов разрабатывались в разное время и в разных странах:

- Umbrella plane;
- Самолет Фокке;
- Arthur Sack AS-6;
- V-173 и XFU5-1;
- Легенды о ЛА Третьего рейха;
- Проекты компании Avro Canada;
- Sikorsky Cypher;
- Дисковидные дирижабли;
- ЭКИП.

V-173 и XFU5-1. В 1940-е годы в США ЧэнсВоут (ChanceVought) совместно с конструктором Чарльзом Циммерманом (Charles H. Zimmerman) разрабатывали почти круглые двухпропеллерные самолёты Vought V-173 и Vought XF5U. Разработки велись при поддержке NASA (в то время — NACA) и военно-морского флота США.

Легенды о ЛА Третьего рейха. Во второй половине 50-х гг. в мюнхенском издательстве «Леман» вышла книга «Секретное оружие третьего рейха», написанная майором Рудольфом Лузаром. В книге приводились рисунки нескольких дискообразных ЛА разного типа, включая фотографию «диска Беллонце», Диска Шривера — Хабермоля, о котором утверждалось что якобы в первом же испытательном полёте аппарат достиг высоты 12400 м и скорости 2000 км/ч. Также имеются сообщения о «Летающем блине» Циммермана, Vril, Haunebu, и др.

Avrocar. В 1952 году канадская компания Avro Aircraft Ltd. начала разработку дискообразного летательного аппарата вертикального взлёта и посадки (проект Y или Avrocar). Разработкой и созданием аппарата занимался английский конструктор Джон Фрост (John Frost). В 1953 году для демонстрации потенциальным инвесторам был изготовлен опытный экземпляр тарелки габаритами 6x11 см.

Sikorsky Cypher. Cypher и CypherII — марки беспилотных воздушных транспортных средств, разработанных компанией Sikorsky Aircraft. Они используют вертикальный взлёт и приземление, в качестве движителя используют два противонаправленных ротора, приложенные в круглом тор-образном корпусе.

Последний вариант Sikorsky Cypher весил 110 килограммов (240 фунтов), имел диаметр 1,9 метров (6,2 футов) и был приведен в действие компактной, ротационной машиной (на 53 л. с.) на 40 кВт. Аппарат обладал площадкой для крепления аппаратуры на распорках выше корпуса и мог транспортировать грузы до 23 кг (50 фунтов).

ЭКИП. Проект российского многофункционального безаэродромного летательного аппарата, построенного по схеме «летающее крыло», с дисковидным фюзеляжем. Безаэродромность достигается применением вместо шасси воздушной подушки.

Проанализировав конструкции корпусов ранее сделанных дискообразных летательных аппаратов, я пришла к выбору идеальной, на мой взгляд, формы корпуса ЛА. Верхняя часть имеет форму крыла самолета, тем самым обеспечивая хорошую аэродинамичность. Также эта верхняя часть при взгляде сверху выполнена в форме круга. Нижняя же часть присоединяется к верхней при помощи соединительных элементов, представляющих собой параллепипеды, которые помогают маневрировать летательному аппарату в воздухе. На нижней части находятся круговые направляющие, которые и обеспечивают поворот верхней части.

В нижней части находятся места, в которых будут находиться люди. В крыле данного летательного аппарата, аналогично самолетам, находится топливо, подающееся в двигатели, сходные с теми, что сейчас используются на самолетах. Также в нижней части имеются ножки, необходимые для посадки не на корпус, а на них. Имеется возможность убирать эти ножки в корпус, чтобы они не повредились во время полета.

Верхнюю часть по ширине пересекает подвижная ось на концах с дисками. Сбоку от этих дисков закреплено по одному двигателю. Когда возникает необходимость полета вертикально вверх, используя вращение этой оси, двигатели принимают вертикальное положение и выбрасывают массу газа в направлении земли, тем самым поднимая летательный аппарат вверх. Для придания ускорения и направления полета ЛА, вращая также эту ось, двигатели будут поворачиваться в направлении, противоположном тому, в какую сторону необходимо двигаться. Эти повороты происходят довольно быстро, что обеспечивает хорошую маневренность.

При необходимости повернуть в ту или иную сторону, осуществляется вращение верхней части, которое возможно из-за конструкции нижней части (круговые направляющие на поверхности нижней части).

Итак, исходя из всего выше перечисленного, можно прийти к выводу, что данный летательный аппарат имеет право на жизнь. И если подойти тщательно к разбору ошибок, какие были допущены конструкторами до нас, то, проанализировав, можно создать свой летательный аппарат представленной конструкции и иметь шансы на то, что он сможет взлететь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дискообразные летательные аппараты// Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Дискообразные_летательные_ аппараты. Дата обращения: 27.02.2018.

2. ЭКИП // Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/ЭКИП. Дата обращения: 27.02.2018.

3. Летающие тарелки нацистов // Загадки и тайны XX века [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://macbion.narod.ru/nauka/flyufonazi1.htm. Дата обращения: 27.02.2018.

4. Советские тарелочки// Лента[Электронный ресурс]. Режим доступа: https://lenta.ru/articles/2010/03/04/saucer/. Дата обращения: 27.02.2018.

УДК 621.9.014.001.631.3

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ С МЕТАЛЛАМИ

А.В. Свешникова, А.М. Шапошников

Научный руководитель – А.М. Шапошников, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются основные методы сцепления полимерных покрытий с металлами.

Ключевые слова: *полимеры, сцепление, прочность.*

INVESTIGATION OF METHODS OF DETERMINING THE STRENGTH OF COATING OF POLYMER COATINGS WITH METALS

A.V.Sveshnikova, A.M. Shaposhnikov

Scientific Supervisor – A. M. Shaposhnikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The main methods of adhesion of polymer coatings to metals are considered.

Keywords: *polymers, adhesion, strength.*

1 Метод нормального отрыва двух склеенных образцов с плоскими поверхностями

Прочность сцепления полимерного покрытия с основанием определяется силой, направленной перпендикулярно к поверхности покрытия, чтобы оторвать его от основания. Результаты исследования приведены на рис. 1. При толщине покрытия до 0,3 мм наблюдается адгезионный отрыв полимера от основания, а при толщине больше 0,3 мм смешанный отрыв.

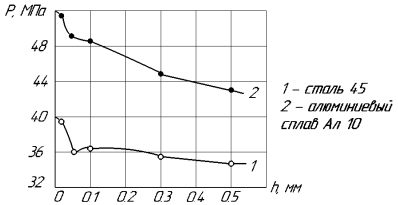


Рис. 1. Зависимость прочности сцепления от толщины полимерного покрытия

Для определения прочности сцепления необходимо уменьшить толщину покрытия, пока не будет получен адгезионный отрыв. Данный метод целесообразно применять для испытания прочности тонкослойных покрытий, работающих в условиях трения. Многие склеенные образцы имели разрушения покрытий смешанного типа адгезионно-когезионный. Следовательно, на прочность сцепления полимерного покрытия с основанием оказывают влияние внутренние напряжения, образующиеся при формировании покрытия. В полимерных покрытиях при отверждении и в процессе их эксплуатации возникают внутренние напряжения $\sigma_В$ в результате изменения объема покрытий за счет полимеризации, перепада температур, старения. Под действием $\sigma_В$ покрытие стремится сократиться с силой $P_в$. Эта сила уравновешивается внутренними касательными напряжениями $\tau_в$, которые локализуются у краев покрытия (рис. 2).

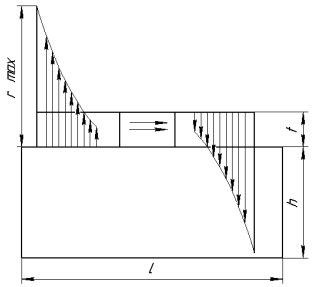


Рис. 2. Распределение внутренних напряжений нормальных $\sigma_В$ и касательных $\tau_в$ в покрытии

Из рис. 2 видно, что $\sigma_В$ действует против сил когезии, а $\tau_в$ – против сил адгезии и могут приводить к отслаиванию покрытий от основания, если они превысят адгезионную прочность при сдвиге. Из эпюры

напряжений видно, что прочность сцепления оказывает влияние только на срез у краев, а в остальной части покрытия $\tau_в$=0.

2 Метод грибков

Сущность метода грибков состоит в том, что в отверстии металлической пластины вставляется грибок. На поверхности пластины грибок заполировывается заподлицо и затем на эту поверхность наносится исследуемое полимерное покрытие. Грибок вставляется в отверстие по скользящей посадке. После нанесения полимерного покрытия к стержню грибка необходимо приложить усилие для отрыва грибка от пластины.

Результаты испытания полиамидного покрытия на материалах стали 45 и алюминиевом сплаве приведены на рис. 3. Прочность сцепления покрытия с основой возрастает с увеличением его толщины. Испытания прочности сцепления показали, что, при малых толщинах наблюдается когезионный характер отрыва, при толщине слоя 1,2 мм – смешанный характер отрыва, а при толщине слоя 1,8 мм – адгезионный.

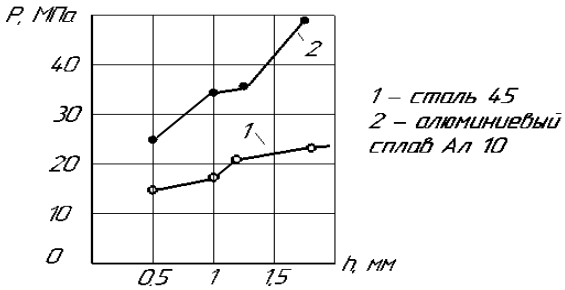


Рис. 3. Зависимость прочности сцепления от толщины слоя покрытия

Метод грибков может быть применен для определения прочности сцепления полимерных покрытий толщиной свыше 1,5.

3 Метод спрессования втулки

Сущность данного метода испытания состоит в том, что полимерное покрытие в виде втулки наносится на цилиндрическую поверхность образца и спрессовывается с него предельным усилием.

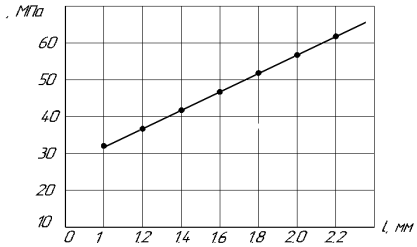


Рис. 4. Зависимость прочности сцепления от ширины спрессовываемого кольца: толщина покрытия 0,3 мм

Полиамидное покрытие напылялось на цилиндрическую поверхность образца в виде кольца определенной ширины и толщины. Этот метод позволяет определить полное усилие, необходимое для сдвига с поверхности образца полимерного материала. Испытания образцов, изготовленных из стали 45, и нанесенным полиамидным покрытием, на сдвиг показали, что с увеличением ширины кольца покрытия усилие для отрыва кольца от основания возрастает по линейной зависимости (рис. 4). Метод спрессования втулки целесообразно применять при исследовании прочности сцепления полимерных покрытий, в диапазоне толщин покрытия 0,2 мм и более.

4 Метод торцового сдвига

Сущность метода торцового сдвига заключается в том, что на два стальных образца ∅ 20 мм соединенных торцами, наносится полимерное покрытие. Результаты испытания прочности сцепления полимерных покрытий показаны на рис. 5.

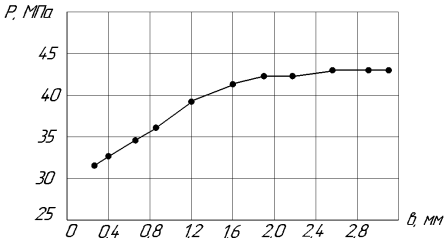


Рис. 5. Зависимость прочности сцепления по методу торцевого сдвига от ширины полимерного слоя: толщина покрытия 0,5мм

Из рис. 5 видно, что, прочность сцепления изменяется до ширины покрытия 2,4 мм. В этом случае наблюдается адгезионный и смешанный

типы разрыва. При ширине покрытия 2,4 мм и более наблюдается когезионный отрыв. Данный метод позволяет сопоставлять усилия разрыва и сдвига полимерного покрытия в зависимости от ширины и толщины покрытия.

Выводы:

По результатам проверенных исследований можно дать следующие рекомендации:

1. Метод нормального отрыва можно применять при толщине покрытия до 0,3 мм. При этом наиболее стабильные результаты получаются при толщине покрытия 0,1 – 0,2 мм.
2. Метод спрессования втулки целесообразно применять при толщине покрытия свыше 0,2 мм.
3. Метод грибков целесообразно применять при толщине покрытия свыше 1,8 мм.
4. Метод торцового сдвига может быть рекомендован при толщине покрытия 0,5 мм и ширине слоя не выше 2,4 мм.
5. В целях уменьшения действия напряжений, возникающих в покрытиях, толщина полимерных покрытий не должна превышать 0,5 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бирюков В.В.* Восстановление бронзовых деталей машин порошками из цветных сплавов электроконтактным напеканием: диссертация кандидата технических наук. 05.20.03. М., 2005. 144 с.

2. *Сидоров А.И.* Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А.И. Сидоров. М.: Машиностроение, 1987. 190 с.

УДК 517.925

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ CNC ГРАФОПОСТРОИТЕЛЯ

Н.В. Лыков, О.Н. Калачев, А.А. Кулебякин

Научные руководители – О.Н. Калачев, канд. техн. наук, доцент; А.А. Кулебякин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается разработка студенческого CNC плоттера на Arduino из DVD-приводов для наглядного ознакомления с принципами работы станков ЧПУ.

Ключевые слова: *Графопостроитель, плоттер, шаговый двигатель, arduino, контроллер шагового двигателя, ЧПУ,G-код, IDE.*

PROGRAMMING AND DESIGN OF DESKTOP CNC PLOTTER

N.V. Lykov, O.N. Kalachev, A.A. Kulebyakin

Scientific Supervisors – O.N. Kalachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A.A.Kulebyakin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Construction of CNC plotter on Arduino from DVD-drives for visual acquaintance of students with the principle of work of CNC machines is considered.

Keywords*: graph Builder, plotter, stepper motor, arduino, stepper motor controller, CNC, G-code, IDE.*

Перьевые и карандашно-перьевые плоттеры некогда были чрезвычайно популярными. С течением времени их производство начало сокращаться. Но интерес к данным устройствам с технической точки зрения не угас. Графопостроители представляют собой устройства, которые в автоматическом режиме с заданной точностью производят вычерчивание чертежей, рисунков, схем на бумаге. Для построения CNC плоттера в домашних условиях необходимо изготовление каркаса, направляющих и каретки, что довольно затратно в финансовом и временном плане. Дан-

ную проблему можно решить с помощью DVD дисковода от персонального компьютера (рис. 1), в котором уже есть все необходимые элементы:

1. Направляющие
2. Каретка
3. Шаговый двигатель
4. Основание

Рис. 1. DVD привод

Недостающие элементы были разработаны в CAD-системе Autodesk Inventor, сохранены в формате «STL» и напечатаны на кафедральном 3D принтере (рис. 2, 3). Комплект Содержит следующие элементы структуры:

1. Угольники для крепления стоек оси X(4x)
2. Проставки (8x)
3.Угольники для крепления макетов (4x)
4. Кольцо антиопрокидывания, диаметр 8мм (1x)
5. Двери для карандаша диаметром 8 мм (1x)
6. Опорная ось Z (1x)

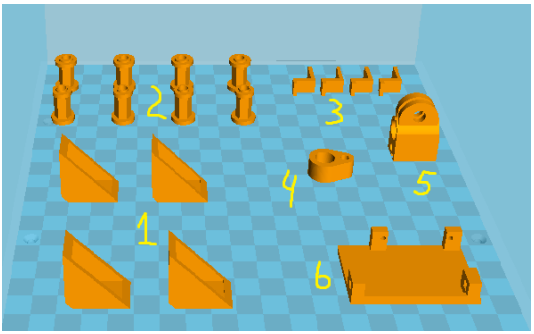


Рис. 2. Элементы конструкции для печати в 3D

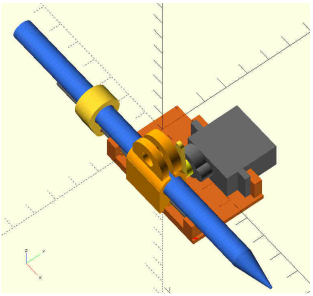


Рис. 3. Опорная ось Z с установленным держателем ручки

После сборки всех составных частей можно переходить к подключению управляющего органа, в нашем случае используется контроллер Arduino UNO совместно с drivers motor shield (рис. 4).

Рис. 4. Управляющий орган

После наладки контроллера можно переходить к последнему шагу, а именно – к загрузке G-кода (рис. 5) с персонального компьютера на контроллер. Если всё выполнено верно, плоттер в автоматическом режиме начнёт работу (рис. 6).

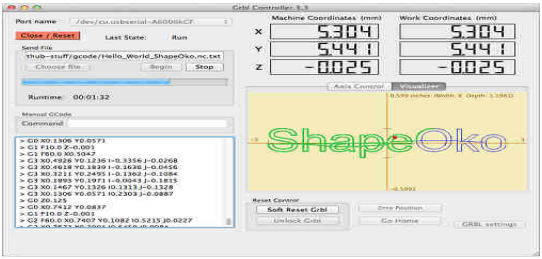


Рис. 5. Программа GRBL

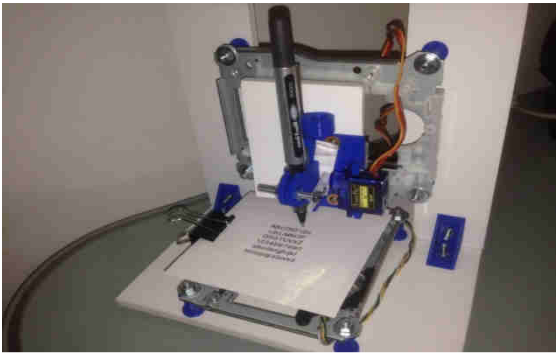


Рис. 6. Пример работы плоттера

Таким образом, нами выполнена работа по созданию CNC-плоттера, на котором можно проводить лабораторные занятия по практическому программированию перемещений, моделирующих обработку на станке с ЧПУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Recycler 2 lecteurs DVD en Mini Traceur (CNC Plotter) avec unArduino Uno [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://projetsdiy.fr/recycler-lecteurs-dvd-mini-traceur-cnc-plotter-arduino/.
2. Официальный сайт ардуино [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.arduino.cc.

УДК 621.9.014.001:631.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНООБРАБОТКИ НА СТАНКЕ С ЧПУ В CAD/CAM-СИСТЕМЕИ ЕЕ ВЕРИФИКАЦИЯ В ПРОГРАММЕ VERICUT

В.Д. Белимов, О.Н. Калачев

Научный руководитель – О. Н. Калачев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается оптимизация выбора стратегий в ходе проектирования операции механообработки на станке с ЧПУ.

Ключевые слова: *моделирование, CAD/CAM, ЧПУ*

MODELING OFMACHINING WITH CNC MACHINE IN CAD / CAM-SYSTEM AND VERIFICATION IN VERICUT PROGRAM

V.D. Belimov, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – O.N. Kalachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The optimization of the choice of strategies during the design of the machining operation on the CNC machine is considered.

Keywords: *modeling, CAD/CAM, NC*

Работа посвящена вопросам моделирования в CAD/CAM-системе Cimatron механообработки и её анализу на столкновения и наличие различных коррекций траектории инструмента в программе Vericut.

Выполнено углубленное изучение различных стратегий для выборки материала и исследование особенностей их применения на различающихся по конфигурации пространственных моделях. В качестве примера взята 3D-модель [1] криволинейного контура с закруглениями и наклонными боковыми поверхностями (рис. 1).

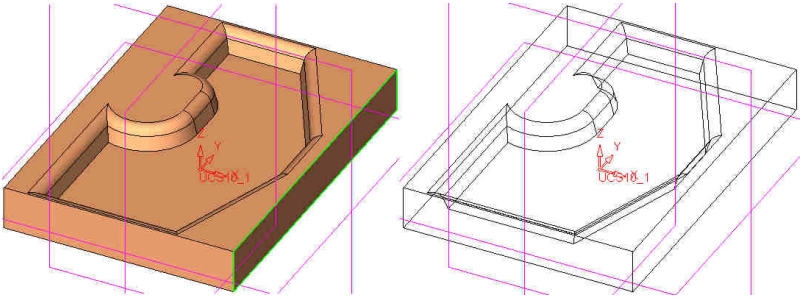


Рис. 1. 3D-модель

Ставилась задача: определить стратегию или их сочетание, которые обеспечат минимальное время обработки при наилучшем визуальном качестве поверхности после обработки, с последующей проверкой в программном обеспечении фирмы CGTech [2]. Для решения задачи предлагалось рассмотреть все стратегии обработки, имеющиеся в программе Cimatron [3], и проанализировать полученные данные, выводя для каждой стратегии теоретическую статистику расчета в виде таблицы [4-6]. В результате для созданных моделей в CAM-модуле были рассмотрены 44 вида стратегий, как черновой, так и чистовой обработки (рис. 2).Шаг по осям и другие характеристики оставались неизменными (рис. 3). В некоторых стратегиях приходилось применять другой инструмент, поскольку расчет не мог завершиться; примером является стратегия «PlungMill».

Рис. 2. Рассмотренные стратегии

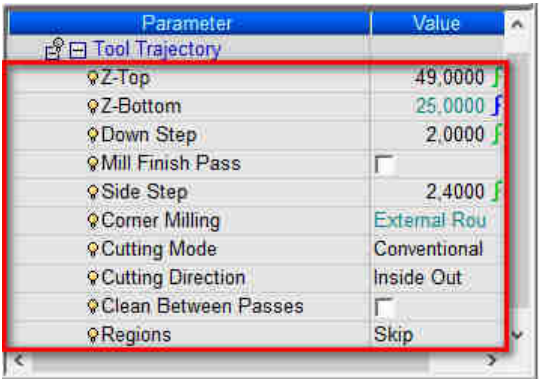


Рис. 3. Параметры геометрии обработки

Полученная «статистика» стратегий переносилась в программу Veri Cut, где для параметров станка и заготовки, аналогичныхрасчетув Cimatron, проводилась верификация каждой из стратегий. Использовался модуль AUTO-DIFF с созданной ранее «эталонной» 3D-моделью. Выполнялась также проверка столкновений инструмента со столом станка, наличия «зареза» на обрабатываемой поверхности (рис. 4). Ряд сравнений приводится в таблице модуля, где соответствующие отклонения от эталона отмечается цветом (рис. 5).

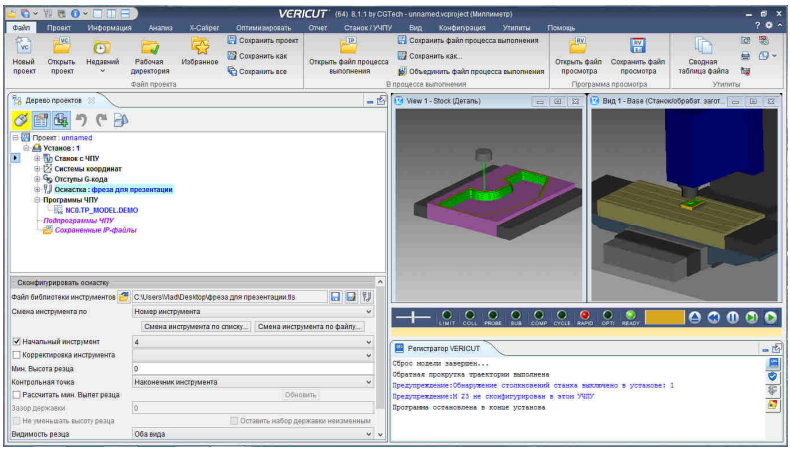


Рис. 4. Среда Vericut

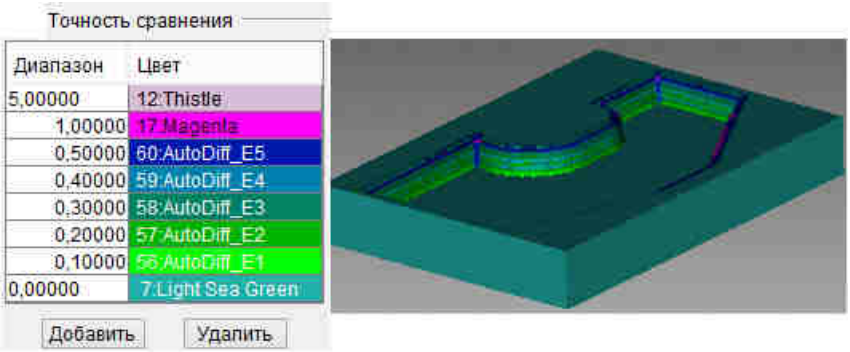


Рис. 5. Результаты верификации обработки 3D-модели

В докладе также показаны особенности настройки стратегий Cimatron и задание параметров станка и инструментов для проектирования обработки в Vericut, проведена верификация и составлены таблицы времени и качества обработки для каждой стратегии.

Анализ полученных результатов позволит проверить возможность использования системы Vericut в качестве инструмента оценки качества проектируемой механообработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы Web-страницы кафедры «Компьютерно-интегрированная технология машиностроения» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://tms.ystu.ru

2. Основы Vericut v6 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://nc-corrector.inf.ua/Downloads/VeriCutLessons.pdf

3. *Калачёв О.Н.* Компьютерно-интегрированное машиностроение и CAD/CAM Cimatron // Информационные технологии. 1998. № 10. С. 43-47, 49.

4. *Маданов А.В.* Применение CSE-технологий для верификации управляющих программ в среде NX 8.0 / А.В. Маданов, А.Р. Гисметулин [Электронный ресурс] Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-cse-tehnologii-dlya-verifikatsii-upravlyayuschih-programm-v-srede-nx-8-0

5. Интегрированная система для разработки изделия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/integrirovannaya-sistema-dlya-razrabotki-izdeliy-iz-polimernyh-kompozitsionnyh-materialov-na-osnove-metodologii-plm-1

6. Методические рекомендации по выполнению СРС [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studfiles.net/preview/5757097/

УДК 658.514.07

ОРГАНИЗАЦИЯ ЕИП С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ ЛОЦМАН: PLM

И.С. Пахолков, И.М. Дресвянин, О.Н. Калачев

Научный руководитель – О.Н. Калачев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс создания ЕИП на предприятии. Разработана блок-схема бизнес-процесса в ПО «ARIS Express». В соответствии с сущностью подхода ARIS описаны процессы ТПП.

Ключевые слова: *единое информационное пространство, бизнес-процесс, PLM.*

THE ORGANIZATION OF A UNIFIED INFORMATION SPACE TAKING INTO ACCOUNT THE SPECIFICS OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF MACHINING BUSINESSES ON THE BASIS OF LOTSMAN: PLM

I.S. Pakholkov, I.M. Dresvyanin, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – O.N. Kalachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The process of creating a unified information space at an enterprise is considered. The block diagram of the business process in "ARIS Express" is developed. The processes of CCI are described in accordance with the essence of the ARIS approach.

Keywords: *unified information space, the business process, PLM.*

Внедрение информационных систем на производстве стало неотъемлемым условием развития и оптимизации работы на предприятии. Особенно актуально стало создание единого информационного пространства при компьютерно-интегрированном машиностроении.

Целью внедрения ЕИП является достижение максимальной прозрачности при управлении предприятием. Единый подход к автоматизации позволит пользователям системы контролировать трату ресурсов, планировать производство, формировать спецификацию продукции в едином информационном пространстве.

Нами была проведена исследовательская работа на заводе, в ходе которой, был сформирован процесс работы предприятия и выявлены связи взаимодействия между подразделениями завода в процессе изготовления оборудования для заказчика. Чтобы наглядно показать эти процессы мы сформировали блок-схему бизнес процесса предприятия, описывающую алгоритм работы завода (рис. 1).

Для создания блок-схемы мы выбрали программу «ARIS Express» из-за ее совершенной методологии. Большим преимуществом методологии ARIS является эргономичность и высокая степень визуализации бизнес-моделей, что делает данную методологию удобной и доступной в использовании. В методологии ARIS смысловое значение имеет цвет, что повышает восприимчивость и читабельность схем бизнес-моделей. Рабочая зона программы и основные графические элементы модели описания структуры подразделения представлены на рис 2.

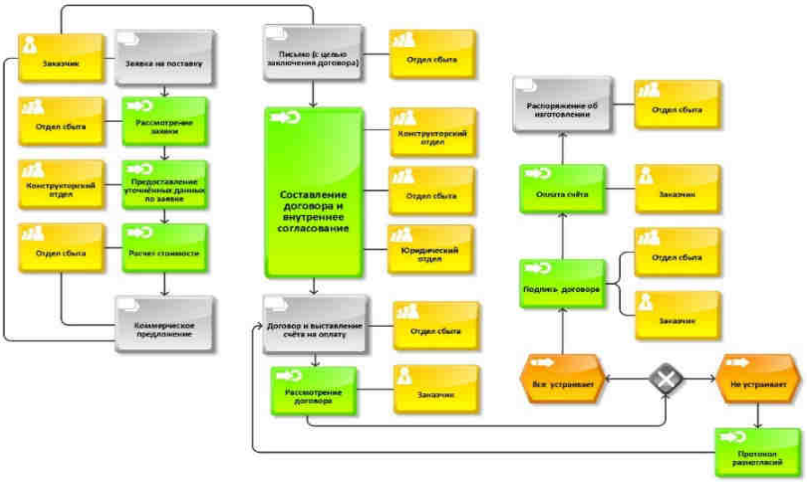
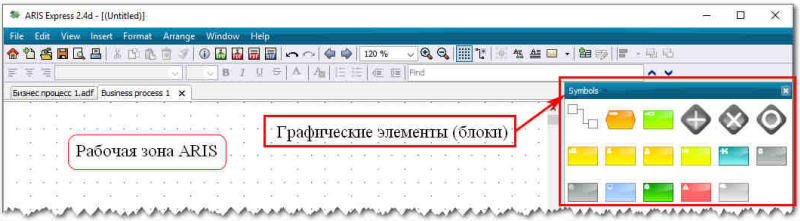


Рис. 1. Блок-схема бизнес процесса предприятия



Графические элементы модели описания структуры подразделения

Организационные единицы: различные организационно-экономические единицы предприятия, их можно классифицировать по функциональным или региональным аспектам.
Цвет фигуры: желтый.

Функция: Объект служит для описания функций (работ), выполняемых подразделениями/ сотрудниками предприятия.
Цвет фигуры: зелёный.

Событие: Объект служит для описания реальных состояний системы, влияющих и управляющих выполнением функций.
Цвет фигуры: оранжевый

Документ: Объект, отражающий реальные носители информации, например, бумажный документ.
Цвет фигуры: серый.

Рис. 2. Рабочая зона программы и основные блоки

Также мы подробно описали взаимодействие всех блоков бизнес-процесса. Описание некоторых блоков схемы (рис. 1) представлено ниже.

Блок 1
Функция. Рассмотрение заявки.
Владелец процесса. Отдел сбыта.
Вход. Заявка на поставку оборудования.
Выход. Рассмотренная заявка.
Отдел сбыта рассматривает заявку от заказчика на поставку оборудования.

Блок 2
Функция. Предоставление уточненных данных по заявке.
Владелец процесса. КО
Вход. Рассмотренная заявка.
Выход. Уточненная заявка.
КО просматривает конкретные номера оборудования по документации. Предоставляет уточненные данные по заявке, также даёт комментарии по данному оборудованию

Блок 3

Функция. Расчет стоимости.
Владелец процесса. Отдел сбыта.
Вход. Уточненная заявка.
Выход. Коммерческое предложение.
Отдел сбыта рассчитывает стоимость оборудования в которую входит: себестоимость оборудования (металл, норма-часы, покупные изделия и т.д.) и маржинальная наценка.

Исходя из созданной блок-схемы видно, что все подразделения завода тесно связаны друг с другом и обмен информацией происходит путем передачи бумажной документации. Это несёт большие временные и трудовые затраты сотрудников, что в свою очередь оказывает неблагоприятные влияния на развитие и экономическую составляющую предприятия в целом.

Чтобы решить данные проблемы предприятия мы внедряем единое информационное пространство на базе Лоцман:PLM. При выборе программы для организации ЕИП были рассмотрены и изучены такие программы как Siemens PLM Software, Intermech, Lotsia PLM, Лоцман-КБ, Лоцман: PLM. Также проанализированы опыты внедрения PDM и PLM-систем на других предприятиях: ОАО «Авиаагрегат» – Siemens PLM Software; ЗАО «Александрия» – PDM STEP Suite; ЗАО «Стройтрансгаз» – «Appius-PLM УПСД»; ОАО «ЭЗТМ» – Лоцман:PLM;

В дальнейшем для создания единого информационного пространства на первом этапе нам предстоит ввести в эксплуатацию и настроить систему Лоцман:PLM в конструкторском отделе, распределить права доступа по должностям, наполнить базу данных уже запущенных в производство проектов и обучить персонал. На последующих этапах планируется распространить Лоцман:PLM и в другие подразделения завода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каменнова М.* Моделирование бизнеса. Методология ARIS / М. Каменнова, А. Громов, А. Шматалюк. М.: Весть-МетаТехнология, 2001.
2. *Морозова В.* Моделирование бизнес-процессов с использованием методологии ARIS Учебно-методическое пособие / В.И. Морозова, К.Э. Врублевский. М., 2017.
3. *Воробьев А.М.* Создание единого информационного пространства организации // Сб. материалов семинара "Развитие информационной структуры Концерна". М.: ОАО "Концерн ПВО Алмаз–Антей", 2007.

УДК 621.9.014.001.24:631.3

ОПЫТ ПЕРЕВОДА ЗАВОДСКИХ СКАНИРОВАННЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ В ВЕКТОРНЫЙ ФОРМАТ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНОГО ДОСТУПА К ДОКУМЕНТАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ PLM-СИСТЕМЫ

Д.В. Попов, И.А. Арефьев

Научный руководитель – О.Н. Калачев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс перевода сканированных чертежей в векторный формат программы КОМПАС-3DV16, используемой в качестве чертежного инструмента.

Ключевые слова: *электронный архив, векторный формат, КОМПАС-3DV16,база данных.*

EXPERIENCE OF TRANSFERRING FACTORY SCANNED DRAWINGS INTO VECTOR FORMAT DURING ORGANIZATION OF JOINT ACCESS TO DOCUMENTS THROUGH PLM-SYSTEM

D.V. Popov, I.A. Arefev

Scientific Supervisor – O.N. Kalachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The process of transferring scanned drawings to a vector format of the program COMPAS-3D V16 used as a drawing tool is considered.

Keywords*: electronic archive, vector format, KOMPAS-3D V16, database.*

Одно из Ярославских предприятий планомерно переводит бумажный архив в электронный вид с использованием PLM-системы. В комплексе решаемых задач, актуальной являлась преобразование сканированных чертежей деталей и узлов в векторный формат программы КОМПАС-3DV16.

Для реализации задачи необходимо первичный документ после сканирования перевести из формата .jpg в .tiff, так как при вставке рисунка в рабочее поле программы КОМПАС-3DV16 вместо изображения появлялось черное облако. Для реализации проблемы была предпринята попытка замены формата документа путем конвертирования форматов. На электронном ресурсе есть возможность перевода формата изображения, но при замене формата и попытке снова произвести вставку изображения проблема не была решена. Тогда было решено произвести пересохранение изображения через MSPaint. Данное решение дало положительный результат. Из проблем можно также отметить плохое качество отсканированного чертежа, его геометрические искажения, иногда отсутствие явно необходимых линий.

Полученное изображение затем использовали в качестве подложки в системе КОМПАС, обводили его, соблюдая стандарты ЕСКД, размерности и конструктив изделия. В том случае, когда встречалась «растровая» деталь небольших размеров, применяли масштабирование. Изменяли масштаб, таким образом, чтобы все было читаемо и наименее трудоемко для восстановления. По окончанию работ, возвращались к исходному масштабу, проверяли правильность выполненной работы, перемещая подложку в сторону и сравнивая с ней получившийся чертеж. После проверки и устранения ошибок подложку удаляли. Всего подготовлено 85 чертежей формата .frw и работа по переводу продолжается.

Далее чертежи направлялись в электронный архив: из файлов формировали электронную базу данных на основе PLM-системы Teamcenter. Векторные файлы использовались также при формировании брошюр по техническому обслуживанию и дефектоскопии узлов и агрегатов, выпускаемых заводом для обучения персонала.

На рис. 1 представлено дерево PLM-системы Teamcenter, на котором показано, как на заводе организована иерархическая база файлов электронных чертежей.

Такой способ хранения позволяет любому сотруднику, имеющему доступ к Teamcenter, при необходимости воспользоваться не обходимым ему документом, размножить его, внести свои изменения.

На рис. 2 указан результат проделанной работы и процесс перевода архива завода на новый, более удобный электронный вид.

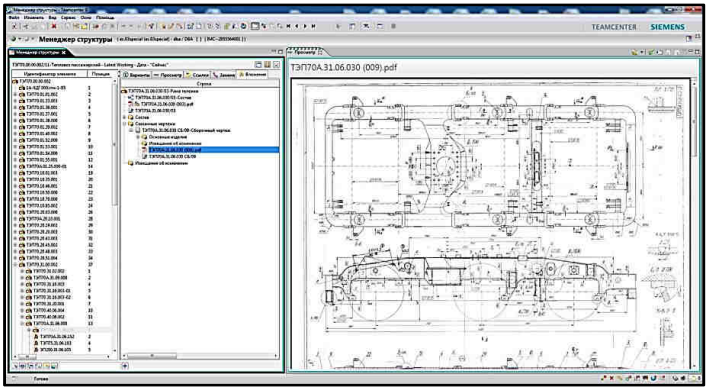


Рис. 1. Дерево PLM-системы Teamcenter

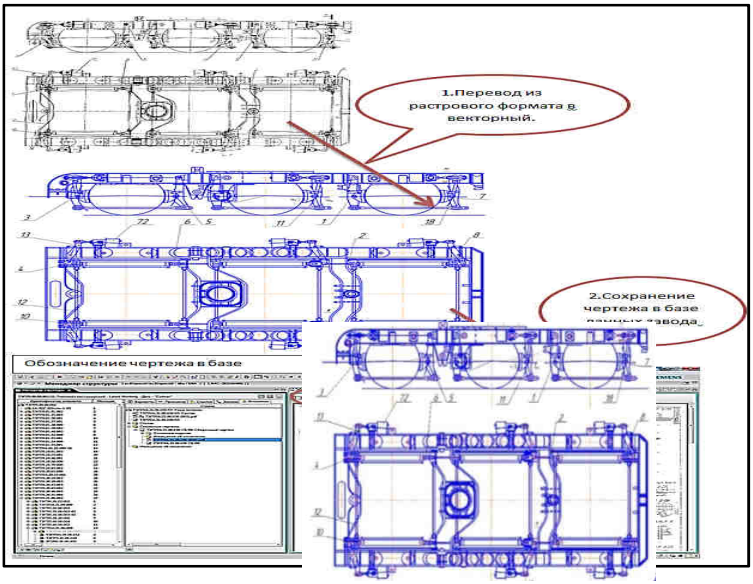


Рис. 2. Результат работы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компас-3D на примерах. Для студентов, инженеров и не только / В. Корнеев, Н. Жарков, М. Минеев, М. Финков // Наука и Техника (НиТ). 2017.
2. *Зиновьев Д.* Основы проектирования в КОМПАС-3DV16. СтудияVertex, 2017.

УДК 621.9.014.001.613.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛИКОНОВЫХ КОМПАУНДОВ И FDM 3D-ПЕЧАТИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Е.И. Елисейкин, О.Н. Калачев

Научный руководитель – О.Н. Калачев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено изготовление выплавляемых восковых элементов литейной оснастки с использованием методики, комбинирующей печать на FDM 3D-принтере и последующее получение силиконовых матриц. На основе выполненных мастер-моделей получены металлические отливки.

***Ключевые слова**: 3D-печать, 3D-принтер, литейная оснастка, силиконовый компаунд.*

RESEARCH OF APPLICATION OF SILICONE COMPOUNDS AND FDM 3D PRINTING IN FOUNDRY PRODUCTION

E.I. Eliseykin, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – O.N. Kalachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Production of melted wax elements of foundry equipment with the use of a technique combining the press on the FDM 3D printer and the subsequent receiving silicone matrixes is considered. On the basis of the executed master models metal castings are received.

***Keywords:** 3D printing, 3D printer, foundry equipment, silicone compound.*

В настоящий момент в различных отраслях современного машиностроения широкое применение находят технологии аддитивного производства (АП). Детали, полученные методами АП, используют в различных процессах копирования изделий: в качестве оснастки для литья по выплавляемым моделям, литья в песчаные формы [1].

Для изготовления высокоточных восковых выплавляемых или полистирольных выжигаемых мастер-моделей, имеющих сложную геометрию поверхностей, в машиностроительном производстве используют оборудование, реализующее различные виды аддитивных технологий (АТ), например, технологию многоструйного моделирования (MJM), в которой построение слоев фотополимера или воска производится специальной печатной головкой, оснащенной массивом сопел [2].

Однако применение MJM в условиях производства ограничивается высокой стоимостью оборудования, расходных материалов и большими временными затратами на изготовление детали, обуславливаемыми малой скоростью формирования слоев материала.

Другим направлением внедрения АТ в области литейного производства является создание выжигаемых мастер-моделей с использованием технологии Fused Deposition Modeling (FDM), основанной на разжижении нитевидного полимера в нагревательной камере. В качестве материала представлены различные виды филаментов: полистирол HIPS, Moldlay/PETG/ABS/PLA-пластики. 3D-принтеры, работающие по FDM-технологии, выпускаются многими производителями в количестве нескольких десятков тысяч единиц в год и доступны для массового пользователя, а получение готового изделия занимает меньший промежуток времени в сравнении с MJM.

К недостаткам изготовления литейной оснастки на FDM 3D-принтере относятся: а) высокая шероховатость поверхностей моделей, что требует внедрения стадии ручной или автоматизированной постобработки; б) появление зольных остатков в полости литейной формы и выделение испарений в процессе выгорания полимера при заливке металла.

Для повышения качества и снижения стоимости изготовления выплавляемых элементов литейной оснастки предложена методика, основанная на комбинации FDM 3D-печати с получением силиконовой матрицы, состоящая из пяти последовательных этапов:

1. Подготовка цифровой модели и последующая печать заготовки на 3D-принтере;
2. Постобработка поверхностей заготовки;
3. Создание опоки, закрепление модели внутри опоки, нанесение разделительного слоя;
4. Смешивание и дегазация силиконового компаунда. Заполнение силиконом полости формы;
5. Извлечение модели из матрицы, заливка основного материала.

Первичный этап работы с заготовкой модели представляет собой выполнение стандартной процедуры печати на FDM 3D-принтере. В представленной работе печать заготовок была произведена на принтерах MZ3D-256 и Anycubic i3 Mega (рис. 1).

Рис. 1. Печать заготовки мастер-модели из пластика ABS на принтере MZ3D-256

Как было отмечено в п. 2, второй этап подготовки включает в себя постобработку поверхностей заготовки: удаление режущим инструментом возможных дефектов печати, поддерживающих структур. На данном этапе осуществляется дополнительные шлифовка и полировка модели с добавлением суспензии и нанесение грунтовочных слоев (рис. 2).

Рис. 2. Результат выполнения постобработки

Перед получением силиконовой матрицы обработанная деталь закрепляется внутри легко разрушаемой опоки и покрывается разделительным слоем методом распыления, например, аэрозолями Crystal Clear, BC-M, Rexant.

Для формирования в полости опоки силиконовой матрицы применяются двухкомпонентные силиконовые компаунды на платиновом или оловянном катализаторе. В данной работе применяется компаунд Alcorsil 325 на оловянном катализаторе (рис. 3) [3]. В качестве средств уменьшения количества воздушных каверн на рабочей поверхности формы реко-

мендуются, как известно, различные дегазационные устройства – вибростолы, вакуумные камеры.

После завершения процесса полимеризации компаунда, опока разрушается, производится извлечение мастер-модели из матрицы.

Рис. 3. Изготовление силиконовой матрицы

Окончанием процесса литья восковой или парафиновой мастер-модели в силиконовой форме является принудительное охлаждение, удаление излишков материала и извлечение отливки (рис. 4).

На основе парафиновых моделей произведено изготовление алебастровых форм с последующей заливкой алюминиевого расплава (рис. 5). Следует отметить, что фигуры, изображенные на рис. 5, выполнены в лабораторных условиях и несут экспериментальный характер. Планируется использование дополнительных смесей для формования и плавильного оборудования в целях дальнейшего повышения качества получаемых отливок.

Рис. 4. Этап заполнения парафином силиконовых матриц и подготовленная мастер-модель

Рис. 5. Отливки, выполненные в алебастровых формах

Необходимо добавить, что вышеописанная методика предполагает изготовление простейших неразъемных матриц. Однако введение дополнительных методик работы с двухкомпонентными компаундами способствует расширению возможностей силиконового молдинга и получению многосоставных матриц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гибсон Я.* Технологии аддитивного производства. Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016. С. 451.
2. Технология многоструйного моделирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://3dtoday.ru/wiki/MJM_print/.
3. Каталог двухкомпонентных силиконовых компаундов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.alcorplast.com/.

УДК 621.9.014.001:631.3

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ CGTECH VERICUT ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ НА СТАНКЕ С ЧПУ

А.А. Жаров, О.Н. Калачев

Научный руководитель – О.Н. Калачев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается способ контроля точности обработки при помощи Auto-DIFF,методика оптимизации процесса с помощью OptiPath.

Ключевые слова: *CAD/CAM, Power Mill, VERICUT, ЧПУ, OptiPath, Auto-DIFF.*

APPLICATION OF THE CGTECH VERICUT SOFTWARE TO CONTROL ACCURACY AND OPTIMIZE THE PROCESS OF PROCESSING ON A CNC MACHINE

A.A. Zharov, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – O.N. Kalachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

We consider a way to control the accuracy of processing using Auto-DIFF, a process optimization technique using OptiPath.

Keywords: *CAD/CAM, PowerMill, VERICUT, NC, OptiPath, Auto-DIFF.*

CGTech признана одним из крупнейших независимых поставщиков программного обеспечения для проверки и моделирования NC.Ведущим продуктом этой компании является VeriCut – программа, используемая для моделирования обработки на СЧПУ.

Широкое распространение данный софт получил на территории западной Европы. В списке компаний-пользователей системой можно найти такие всемирно известные наименования, как Boeing, Airbus,

General Motors и т.д. На территории Российской Федерации данная система не слишком востребована из-за финансовых ограничений отечественных предприятий, но и среди них нашлись не менее известные компании, пользующиеся продукцией, поставляемой CGTech, такие как Компания «Сухой», Корпорация «Иркут», КнААЗ.

VeriCut – своеобразный «голкипер» CAD/CAM-систем. Ни одна из CAM-систем не может гарантировать 100% корректного результата, возникают ошибки. Макросы, заложенные в СЧПУ, зачастую имеют уникальный характер. CGTech сотрудничает с рядом производителей станков, что позволяет симулировать процесс обработки на цифровой копии необходимого станка, учитывая его особенности.

В данной работе в Power Mill 2018 была предварительно создана УП для обработки детали. Затем, перед началом контроля точности средствами VeriCut, сформирована база инструментов, используемых в процессе обработки с помощью модуля Tool Manager (рис. 1).

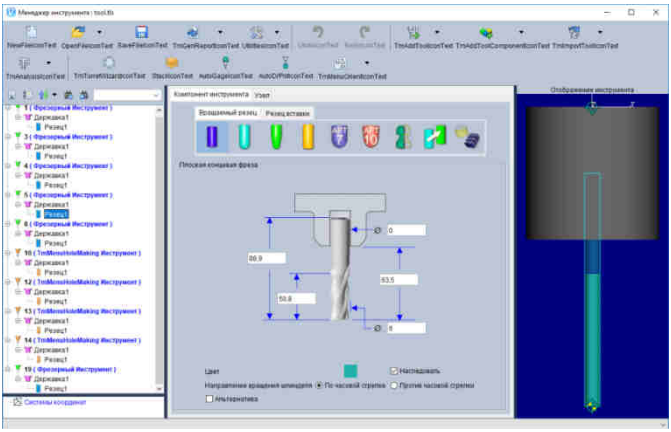


Рис. 1. Вид окна Tool Manager

С помощью модуля Auto-Diff был проведен анализ поверхности заготовки, и сравнение её с «эталонной», взятой за основу, ранее созданной в КОМПАС-3Dv17.1 (рис. 2) 3d-моделью. На рис. 3 в таблице слева показано предельное значение остаточного материала и соответствующий ему цвет. Таким образом на виртуальной детали можно наглядно увидеть качество поверхности после обработки.

Далее для некоторых инструментов создали оператор OptiPath. С его помощью изменили некоторые параметры обработки с целью оптимизации процесса обработки. Это позволило оценить возможность экономии на каждом установе (рис. 3 и 4). Принцип работы данного модуля

берет за основу адаптивный контроль (АК). Технология АК основана на выборе идеального значения подачи, в зависимости от предустановленной нагрузки на шпиндель.

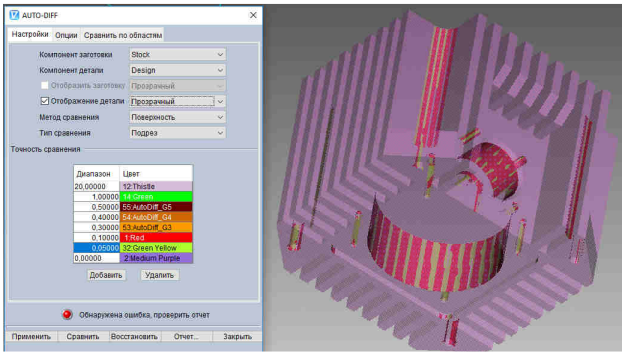


Рис. 2. Результат анализа модулемAuto-Diff

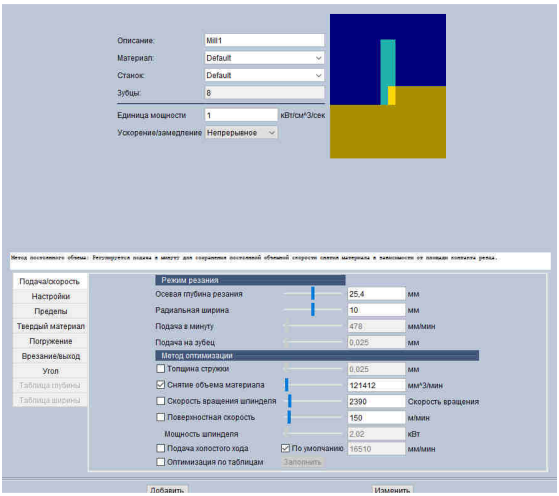


Рис. 3. Окно настройки оператора OptiPath

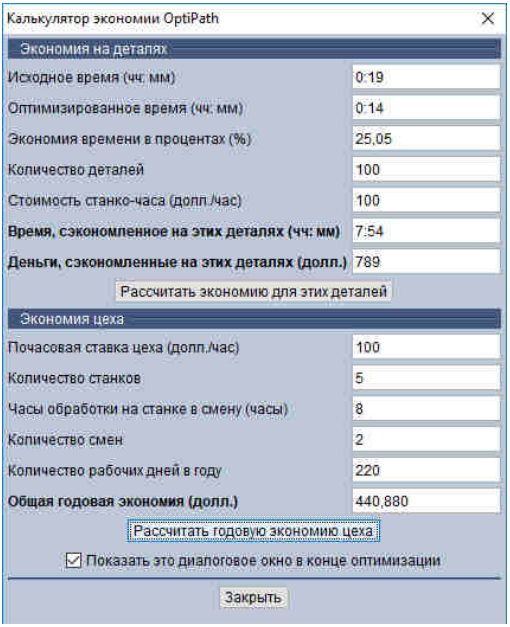


Рис. 4. Пример расчета экономического эффекта

Таким образом, исследован функционал средств CGtech VeriCut, позволяющих усовершенствовать процесс обработки заготовок и, вследствие этого, повысить эффективность машиностроительного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы WEB-страницы сайта компании Scribd [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.scribd.com

2. Материалы WEB-страницы сайта компании CGTech [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://vericut.ru

3. VERICUT training Sessions.VERICUT verification.VERICUTV.74 [Текст] + [Электронный ресурс]: метод. материалы. CGTech. 462 с.

УДК621.9.014.001.24:631.3

О ВОЗМОЖНОСТЯХ АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИИ AUTOCAD СРЕДСТВАМИ ЯЗЫКА VBA

А.В. Зуйков, О.Н. Калачев

Научный руководитель – О.Н. Калачев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается возможность программного анализа параметров геометрических объектов AutoCAD.

Ключевые слова: *VBA, параметры модели, AutoCAD.*

ABOUT THE POSSIBILITIES OF ANALYSIS OF AUTOCAD GEOMETRY OF VBA LANGUAGE

A.V. Zuykov, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – O.N. Kalachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The possibility of software analysis of parameters of AutoCAD geometric objects is considered.

Keywords: *VBA, model parameters, AutoCAD.*

Благодаря быстроте проектирования интерфейса приложений с помощью VBA, средаAutoCAD может служить прекрасным средством для создания приложений-прототипов прикладных САПР, даже если окончательная реализация планируется на другом языке программирования.

Использование макросов существенно увеличивает скорость и значительно повышает точность работы. Рассмотрим это на примере построения и расчета объема параметрического параллелепипеда в среде AutoCAD средствами VBA (рис. 1, 2). Создание программы начиналось с

компоновки «формы» для диалога с пользователем. Код построения связывается с объектами управления в форме, в нашем случае весь основной код находится в кнопке «Построить». Программа запрашивает значения параметров из текстовых полей и выполняет построение. После построения и присваивания фигуре своего имени, производится расчет объема, при помощи стандартной VBAпроцедуры «Volume» (рис. 3). Узловых точек в данном примере только одна и это центр параллелепипеда, так как построение осуществляется при помощи команды «addBox»в пространстве модели. Чтобы указать точку вставки параллелепипеда, используются операторы условия.

Итак, создание параллелепипеда осуществляется программно с присваиванием ему имени, при помощи которого в будущем будет производиться программный поиск подобных элементы из пространства чертежа и выводить их свойства на экран. Интерактивным методом такое осуществить нельзя.

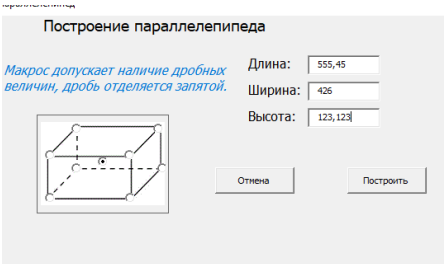


Рис. 1. Диалоговое окно с вводомпараметров

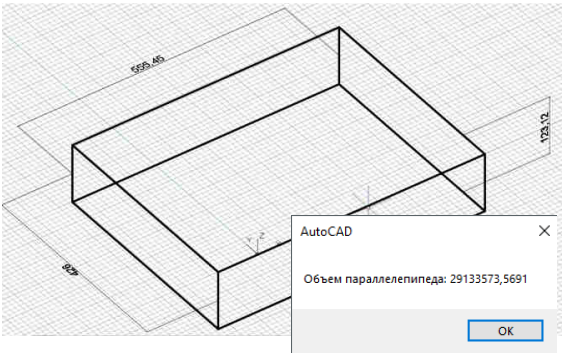


Рис. 2. Результат построения и вычисления объема

Система AutoCAD поддерживает технологию ActiveX, которая реализует принципы объектно-ориентированного программирования. В этой технологии модель работающего приложения представляется сово-

купностью объектов, свойств, методов и событий. Я использовал такие объекты: Model Space (пространство модели), Utility (взаимодействие с пользователем), AcDb3dSolid (3D объект).

Рассмотрена геометрическая модель с большим количеством блоков параллелепипедов и нужно программно определить их число. Используем снова параллелепипеды, программно определим их точное количество (рис. 4). Предложена простейшая программа для решения поставленной задачи.

```
Private Sub Var()
Dim iAs Long
Dim objEnt As AcadEntity
For Each objEnt In ThisDrawing.ModelSpace
   If objEnt.ObjectName = "AcDb3dSolid" Then
i = i + 1
   End If
Next
MsgBox I & «Параллелепипедов»
EndSub
```

После выполнения данного кода получены данные о количестве необходимых объектов в пространстве модели, иными словами, проанализирована существующая геометрия и применение этому инструменту можно найти при решении самых разнообразных задач.

```
Private Sub cmdDrawArc_Click()
    'Определение переменных
    Dim dLenght As Double
    Dim dWidth As Double
    Dim dHeight As Double
    Dim Volume As Double

    'Чтение значений из строк "длина, ширина, высота"
    dLenght = TextBox1.Text
    dWidth = TextBox2.Text
    dHeight = TextBox3.Text

    'Запрос у пользователя точки вставки
    Unload Me
    dOrigin = ThisDrawing.Utility.GetPoint(, "Укажите точку привязки: ")

    'Построение параллелепипеда
    Set myBox = ThisDrawing.ModelSpace.AddBox(dOrigin, dLenght, dWidth, dHeight)

    'Расчет объема
    Volume = myBox.Volume
    MsgBox "Объем параллелепипеда: " & Volume

End Sub
```

Рис. 3. Редактор формы в VBA

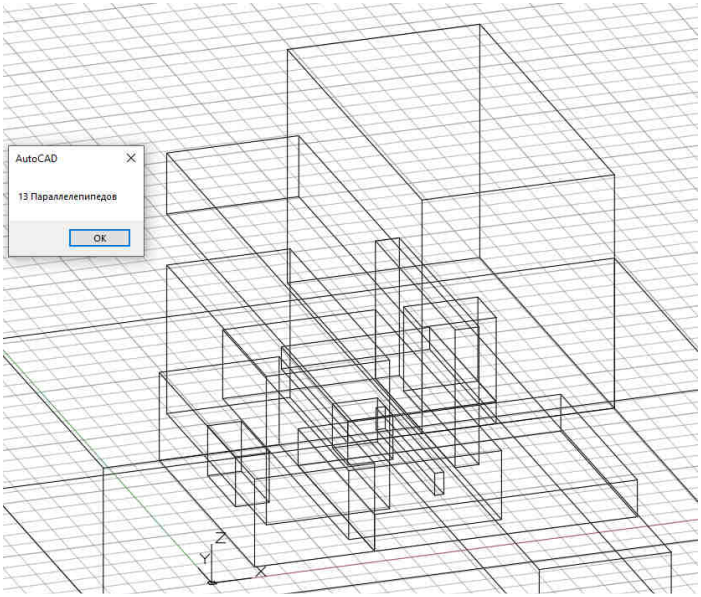


Рис. 4. Подсчет параллелепипедов

Таким образом, в работе исследованы возможность программирования на языке VBAв среде AutoCAD и программного анализа геометрии при решении прикладных задач проектирования. Рассматривается возможность создания и программного изменения динамических блоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы WEB-страницы сайта компании Pointcad [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.pointcad.ru

2. Кузьменко В.Г. Самоучитель VBA. Материалы WEB-страницы сайта on-line-teaching [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://on-line-teaching.com/vba/index.html

3. Материалы WEB-страницы сайта ИНТУИТ, Лекция Пакулина В. Работа с элементами ActiveX [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.intuit.ru/studies/courses/2331/631/lecture/13728

4. *Финкельштейн Э.* AutoCAD 2009 и AutoCAD LT 2009. Библия пользователя. 2009. С. 1081-1111.

УДК 621.9.014.001..631.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УП ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

М.О. Киселев, О.Н. Калачев

Научный руководитель – О.Н. Калачев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается вопрос выбора эффективных стратегий обработки, особенности, их назначение и использование в производстве.

Ключевые слова: *CAD/CAM, SprutCAM, VERICUT, УП, ЧПУ.*

STUDY QUESTIONS CHOICE OF EFFECTIVE TREATMENT STRATEGIES IN THE DESIGN OF CP FOR CNC MACHINES

M.O. Kiselev, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – O.N. Kalachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Choice of effective processing strategies, their features, purposes and use in manufacturing are considered.

Keywords: *CAD/CAM, SprutCAM, VERICUT, G-kod, NC.*

Для промышленных предприятий актуальны задачи снижения трудоемкости операций и себестоимости изготовления деталей с сохранением заданных показателей качества. Поэтому актуальность задачи разработки управляющих программ (УП) является выбор правильной методики назначения стратегий и последовательность стратегий обработки, а также режимов резания. Современные CAD системы предлагают большое количество стратегий и оптимальное их распределение для конкретной детали зависит от вида заготовки, объема снимаемого материала и от

требуемого качества. В настоящее время не существует готовой методики выбора стратегий обработки, которая обеспечивает качество получаемого изделия и минимальные затраты на обработку.

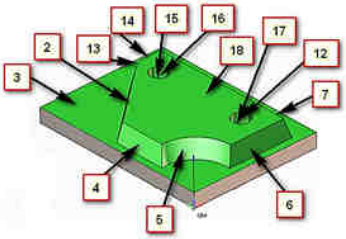
В литературных источниках описано изолированное применение стратегий, но совместное их использование не приводится. Задача заключается в том, чтобы на фиксированных сочетаниях поверхностей детали исследовать применение различных стратегий и выбрать такую последовательность обработки, такие режимы резания, при которых при достижении качества, время обработки стремилось к наименьшему значению (рис. 1). Для цели оценки качества предполагается использовать систему VERICUT. Эта система позволяет установить:

- неверные движения инструмента по траектории;
- столкновения с оснасткой;
- зарезы и недорезы;
- оптимальный вариант УП;

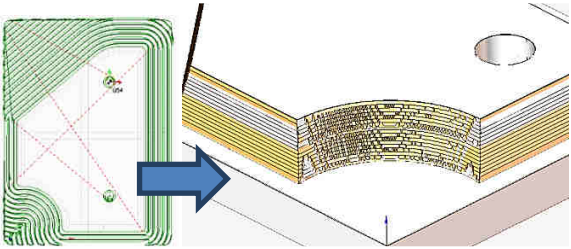
Проведенные компьютерные эксперименты на деталях с криволинейной поверхностью исследовали такие элементы режимов резания как подача и частота вращения фрезы фиксированного диаметра на различных стратегиях. Выяснялось возможное наличие отклонения результирующего контура от эталонного контура первичной 3Dмодели детали. Результат показал, что при увеличении подачи на отдельных участках с определенным радиусом кривизны наблюдается качественно показанное системой отклонение и приводится величина этого отклонения. Система предлагает внести корректировку в режимах резания. В целях минимизации времени на обработку, предлагается ввести двухступенчатую обработку, сначала фрезерование с эффективными режимами резания (с большой подачей), а затем уменьшить подачу до величины меньшей, чем при черновой обработке.

Анализ результатов системы VERICUT показывает, что такой вариант обеспечивает требуемую точность (рис. 2).

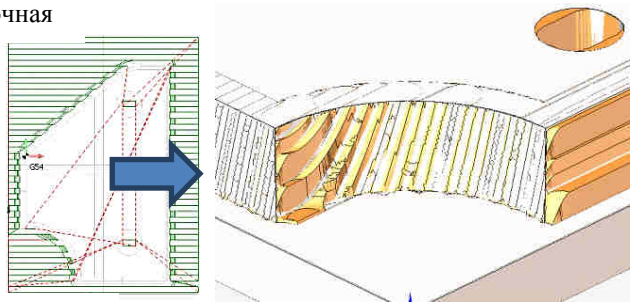
Одним из основных критериев выбора на каждом этапе является экономичность обработки, которая определяется наименьшим количеством проходов для достижения заданной чистоты обработки, взаимозаменяемостью стратегий, а также количеством затраченного времени и другими экономическими критериями.



Послойная



Построчная



Управляемая

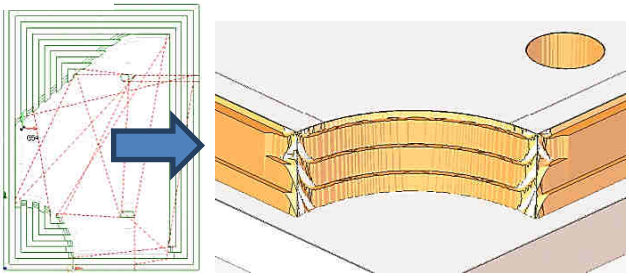


Рис. 1. Различные виды обработки

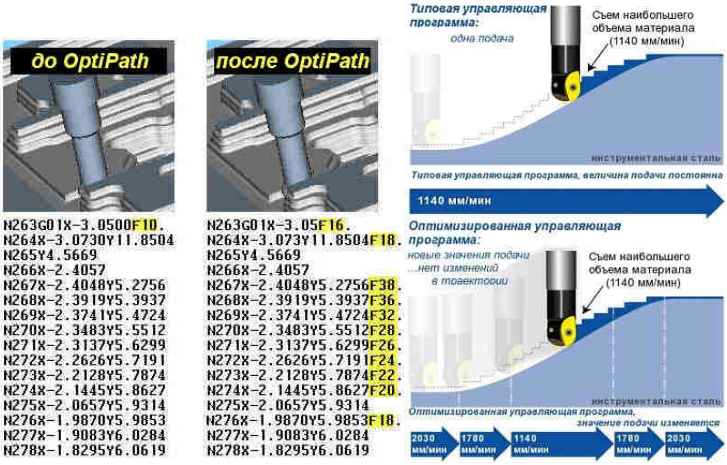


Рис. 2. Оптимизация УП [2]

Таким образом, проведенный эксперимент выбора стратегий траекторий режущего инструмента позволит решать типовые задачи на производстве, сокращая трудоемкость проектирования и обеспечивая повышение производительности труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ [Текст] + [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов / В.И. Аверченков [и др.]. Брянск: Изд-во Брян. гос. техн. ун-та, 2010. 213 с.
2. Материалы WEB-страницы сайта компании VERICUT [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://vericut.ru
3. Инновационные центры высоких технологий в машиностроении : монография / В.И. Аверченков [и др.]; под общ. ред. В.И. Аверченкова, А.В. Аверченкова. Брянск: Изд-во Брян. гос. техн. ун-та, 2009. 180 с.
4. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ [Текст] + [Электронный ресурс]: монография / В.И. Аверченков [и др.]. Брянск: Изд-во Брян. гос. техн. ун-та, 2010. 148 с.
5. Станки с ЧПУ в машиностроительном производстве [Текст] + [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов / В.И. Аверченков [и др.]. Брянск: Изд-во Брян. гос. техн. ун-та, 2010. 216 с.

УДК 621.9.014.001:631.3

РАЗРАБОТКА ФРАГМЕНТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗМЕРНОГО АНАЛИЗА МЕХАНООБРАБОТКИ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR

А.В. Четверикова, О.Н. Калачев

Научный руководитель – О.Н. Калачев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Описывается методика автоматизированного создания размерной схемы механообработки для расчета технологических размеров на объемной модели детали в среде Inventor.

Ключевые слова: *размерная цепь, размерная схема, механообработка, проектирование, точность, допуск, программа.*

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FRAGMENTS FOR DIMENSIONAL ANALYSIS OF MACHINING IN THE MEDIUM OF AUTODESK INVENTOR

A.V. Chetverikova, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – O.N. Kalachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The technique of creating automated machining dimensional schemes for the calculation of the size of the technological details on the 3D model in the environment of Inventor.

Keywords: *dimensional chain, dimensional chart, machining, design, accuracy, tolerance, program.*

Размерный анализ технологических процессов – это совокупность большого числа сложных и трудоемких расчетно-аналитических процедур, необходимых при проектировании и анализе технологических процессов механической обработки. Одной из главных задач размерного анализа технологических процессов (ТП) является правильное и обоснованное определение промежуточных и окончательных технологических размеров и допусков на них для обрабатываемой детали. Снижение трудоемкости размерного анализа возможно при его автоматизации. На современном производстве первоначально создается 3D-модель детали, а от неё получаются чертежи, конструкторская и технологическая документация. Различные методики размерного анализа представлены в работе [1].

Работа посвящена созданию прикладной программы в среде Autodesk Inventor для выполнения размерного анализа непосредственно на экранной 3D-модели [2].

Создание такой программы предполагает исследование геометрии модели программными средствами анализа ее базы данных, способов программного построения дополнительных примитивов, характеризующих промежуточные состояния заготовки.

От алгоритмов бумажных построений необходимо перейти к анализу возможностей с одной стороны языка, а с другой – объектной модели, т.е. описания геометрии средствами этого языка. Прикладное программное обеспечение создается на языке Visual Basic for Applications.

Исследование объектной модели первоначально проведено на простейших примерах средствами языка VBA, его особенностей, основных функций. Далее использовалась среда программирования MS Visual Studio и язык VB.NET для разработки интерфейса будущего приложения, который подключается к выполняемому процессу в Inventor. Использована объектная модель, в которой представлены конструкции (классы) для описания данных и функций для работы с ними. Ранее проверенные решения на языке AutoLISP программы GraKON помогли реализовать некоторые блоки новой программы, например – автоматическое определение границ конструкторских размеров. Схема совместного пользования 3D модели в конструкторско-технологическом проектировании и место, которое в ней будет занимать разрабатываемое программное обеспечение представлена на рис. 1.

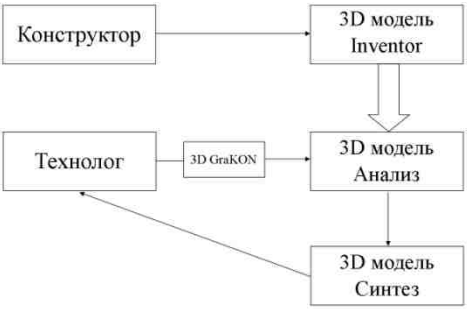


Рис. 1. Функциональная схема ПО

Объектная модель является одним из основных понятий объектно-ориентированного программирования. Объектная модель описывает структуру объектов, составляющих систему, их атрибуты, операции, взаимосвязи с другими объектами. В объектной модели должны быть отражены те понятия и объекты, которые важны для разработки системы. Объектная модель всей системы Inventor 2016 представлена на рис. 2.

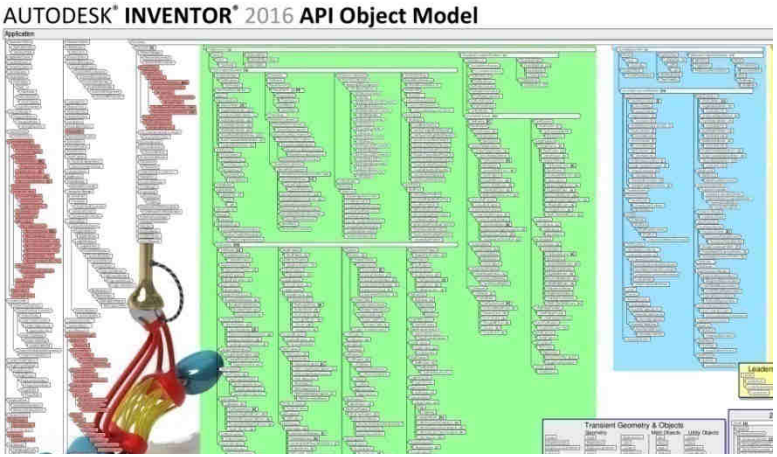


Рис. 2. Объектная модель системы Inventor 2016

Для начала необходимо понять как с помощью программы «обратиться» к эскизу и построить для этого эскиза размер. В дальнейшем это поможет в нахождении точек на эскизе для построения к ним припуска.

Напишем программу построения эскиза круга не через объект Circle 2D, а через объект Sketch Circle, где вся геометрия сохраняется в отдельную коллекцию. Далее, ссылаясь на имеющуюся в коллекции геометрию, строится диаметральный размер. В конце укажем, чтобы на экран выводились координаты точек начала и конца размера. Программа представлена на рис. 3. Итог представлен на рис. 4.

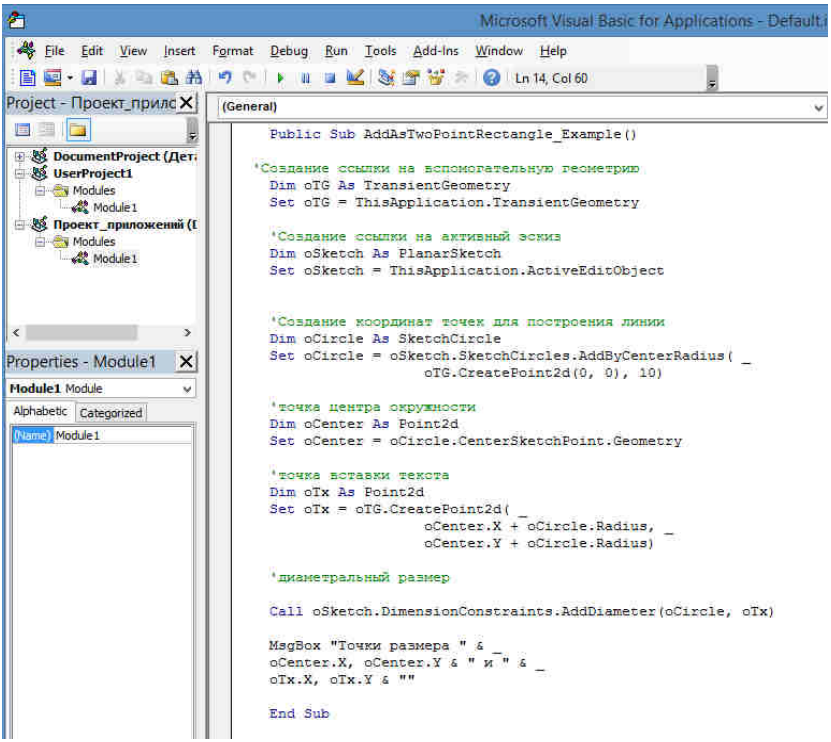


Рис. 3. Текст программы

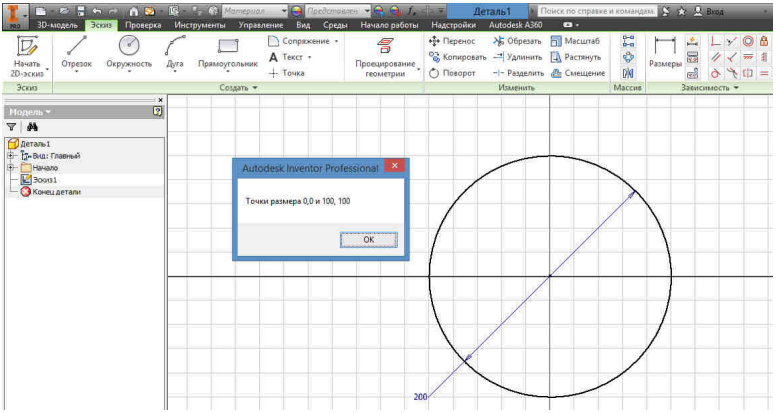


Рис. 4. Итог выполнения программы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Масягин В.Б.* Методы автоматизации размерного анализа технологических процессов в России / В.Б. Масягин, А.В. Мухолзоев, С.Б. Шаимова // Фундаментальные исследования. 2015. № 6-1. С. 44-49.

2. *Калачев О.Н.* Программная модификация геометрии 3D-модели детали в Autodesk Inventor для построения графа изменения размеров заготовки при механообработке / О.Н. Калачев, Ю.В. Булычев // Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 10. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2015. 315 с.; Ярославль: Издат. дом ЯГТУ. 2015. Вып. 10. С. 241-246..

3. Web-страница кафедры "Компьютерно-интегрированная технология машиностроения" Ярославского государственного технического университета [Электронный ресурс]: Раздел 7.2 Программа GRAKON. Режим доступа: http://tms.ystu.ru

УДК 621.9.014.001.24:631.3

ПРИМЕНЕНИЕ PLM-СИСТЕМЫ TEAM CENTER ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

В.Н. Киселев, И.Д. Кожемякин

Научный руководитель – О.Н. Калачев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются вопросы внедрения PLM-системы на предприятии, результаты и методы решения возникших при этом проблем.
Ключевые слова: *PLM-система, Teamcenter, CAD, дерево изделия*

APPLICATION OF TEAM CENTER PLM SYSTEM FOR OPTIMIZATION OF CONTROL TECHNICAL DOCUMENTATION OF THE ENTERPRISE

V.N. Kiselev, I.D. Kozhemyakin

Scientific Supervisor – O.N. Kalachev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The process of implementation of the PLM-system in the enterprise, results and methods of solving the problems arising in this process are considered.
Keywords: *PLM-system, Team center, CAD, wood products.*

В современном мире всё больше предприятий склоняется к тому, что основным инструментом в борьбе за успешность является внедрение инновационных технологий, например создание единого информационного пространства, которое позволяет предприятию с легкостью находить и совместно (параллельно) использовать нужную информацию о продукте в процессе его создания, реализации и эксплуатации. Программы с такими возможностями называются PLM-системами и предлагаются различными компаниями.

На одном из Ярославских предприятий поставлена задача перевода бумажной проектной и эксплуатационной документации в электронный вид и ее систематизация по принадлежности к изделию. Для решения задачи использовалась PLM Teamcenter от компании Siemens PLM Software. Применение PLM-системы позволило создать контролируемую среду распространения информации, которая будет доступна по первому требованию строго определённым лицам. Ещё одним положительным эффектом от использования такой системы является исключение дублирования информации.

В процессе внедрения системы бумажная документация сканировалась и в электронном виде распределялась на дальнейшую переработку.

В ходе сканирования было выявлено много чертежей очень плохого качества. Для занесения их в Teamcenter было принято решение об их восстановлении. Для этого использовалась САПР Компас-3DV16 (АСКОН). Отсканированный чертеж сохранялся в виде файла растрового формата .tiff, который в дальнейшем открывался в Компасе и использовался в качестве подложки. Поверх сканированного изображения выполнялось векторное восстановление чертежа (рис. 1–4). Таким образом было выполнено более 400 конвертаций чертежей объёмом более 300 Мб.

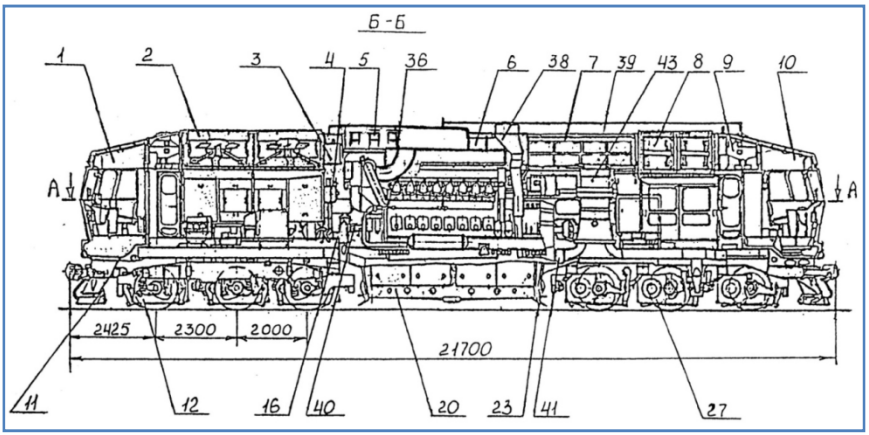


Рис. 1. Отсканированный чертеж

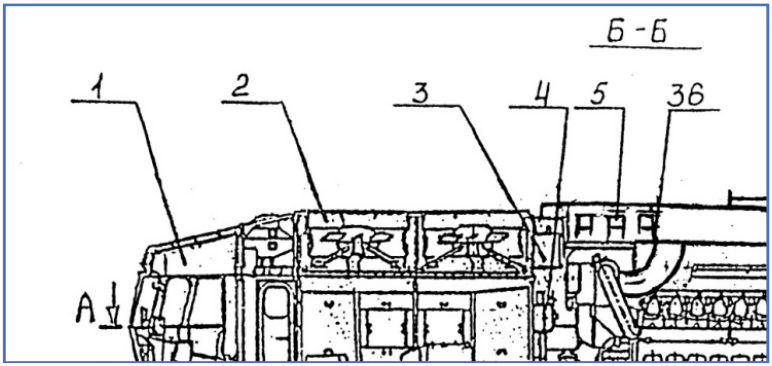


Рис. 2. Увеличенный фрагмент отсканированного чертежа

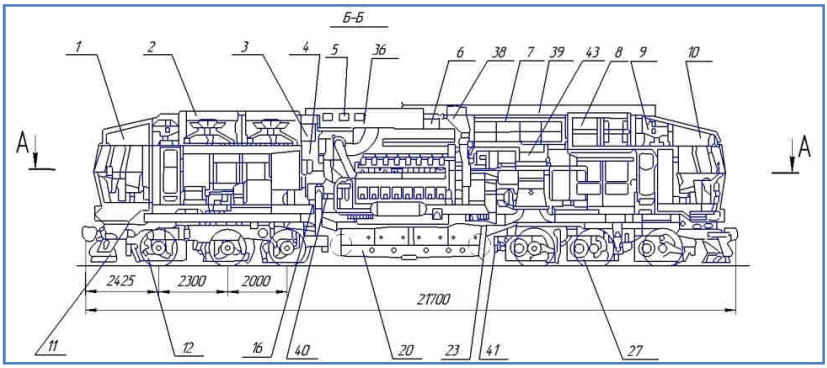


Рис. 3. Восстановленный чертеж в программе Компас-3DV16

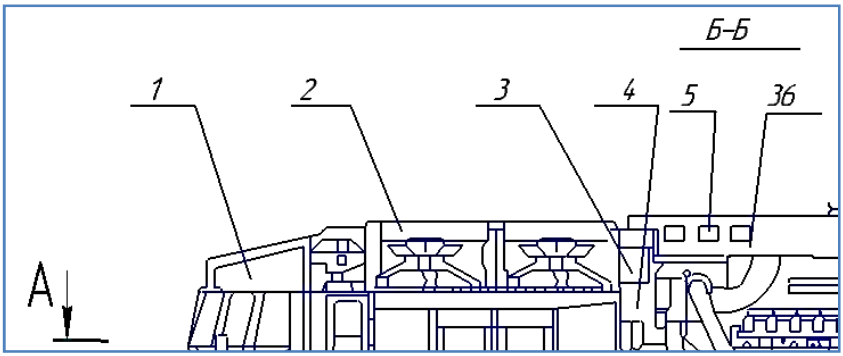


Рис. 4. Увеличенный фрагмент восстановленного чертежа

После перевода документации в векторный вид нами были произведены ввод и систематизация данной информации в «дерево изделия»

PLM-системы *Teamcenter*. Пример дерева изделия представлен на рис. 5. Для этого в корневой папке *Home* была создана папка *Test*, с которой и производили все дальнейшие действия, а именно:

1. Создание и редактирование элементов изделия;
2. Создание, редактирование и привязка набора данных;
3. Структурирование элементов изделия.

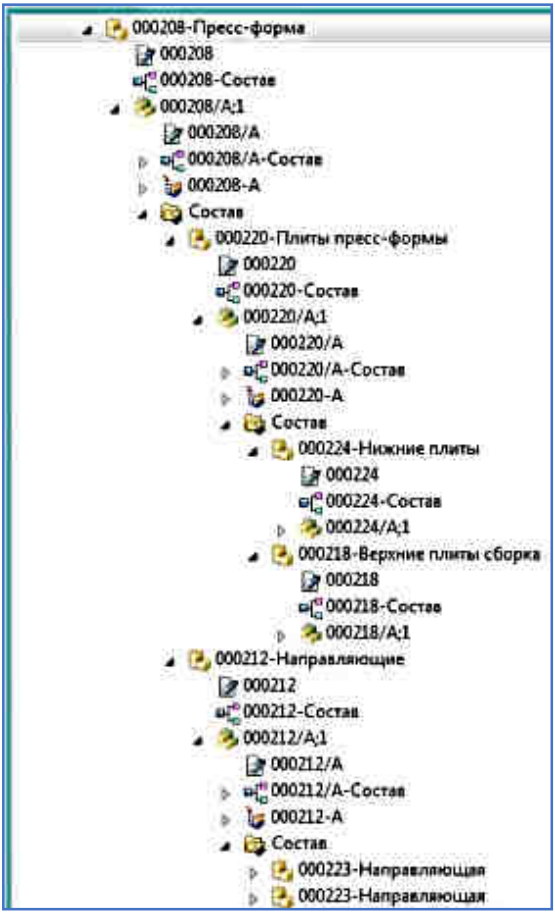


Рис. 5. Дерево изделия

1. При формировании дерева элементов (сборочных единиц, деталей, стандартных и покупных изделий, и т.д.), в первую очередь, создавалась одноименная папка изделия, необходимая для лучшего ориентиро-

вания при работе с ними. В данной папке создали элемент типа *«Сборочная единица»* и ввели всю атрибутивную информацию (идентификатор[1], ревизия[2], имя создаваемого элемента и т.д.) создаваемого элемента.

Для хранения документации (сборочных чертежей, руководств, схем и т.д.), относящейся к сборочной единице, создавали элемент типа *«Документ»* с его атрибутами.

Далее связывали элементы *«Сборочная единица»* и *«Документ»*, для этого нужно:

- скопировать ревизию сборочной единицы в буфер обмена;
- раскрыть ревизию документа и вставить скопированную ревизию сборочной единицы в псевдо папку *«Основные изделия»*.

После этого в псевдопапке *«Связанные чертежи»* ревизий *«Сборочной единицы»* автоматически появляется ревизия привязанного «Документа».

После создания элементов проводилась проверка на наличие недочетов и в случае обнаружения таковых проводилось редактирование.

2. Набором данных для элемента, а точнее его ревизией (модификацией) может быть растровое изображение, 3D-модель, чертеж, текстовый документ, таблица и т.д.

На данном этапе конструкторская документация привязывалась к соответствующим элементам.

При создании набора данных нужно обратить внимание, что основным документом для деталей является чертеж детали, для сборочных единиц, комплексов и комплектов – спецификация. То есть, спецификацию необходимо помещать в ревизию элемента *«Сборочная единица»*, а сборочный чертеж и другие документы в ревизию элемента «*Документ*»; чертеж детали – в ревизию элемента *«Деталь»*.

Для занесения растровых изображений в ревизии элементов мы использовали самый простой способ – *«Прямое перетаскивание»*, который заключается в элементарном перетаскивании файла из папки *«Проводника»* непосредственно в ревизию элемента. В итоге, в ревизии элемента появляется набор данных в виде изображения. Этот метод является более удобным при работе с большим количеством однотипных файлов.

3. Структурирование элементов осуществлялось нами в приложении *«Менеджер структуры»*.

Данное приложение позволяет объединить элементы (детали, сборочные единицы, комплекты и т.д.), формируя тем самым структуру (дерево) изделия.

---

[1] Идентификатор – номер или шифр документа.

[2] Ревизия – это числовое значение, позволяющее идентифицировать модификацию изделия.

Перед началом формирования структуры изделия выделяли необходимый элемент в «*Мой Teamcenter*» и отправляли его в «*Менеджер структуры*».

Для создания структуры изделия вносим все элементы, из которых оно состоит, и сохраняем его. На рис. 6 показан просмотр 3D-модели одного из элементов созданного дерева.

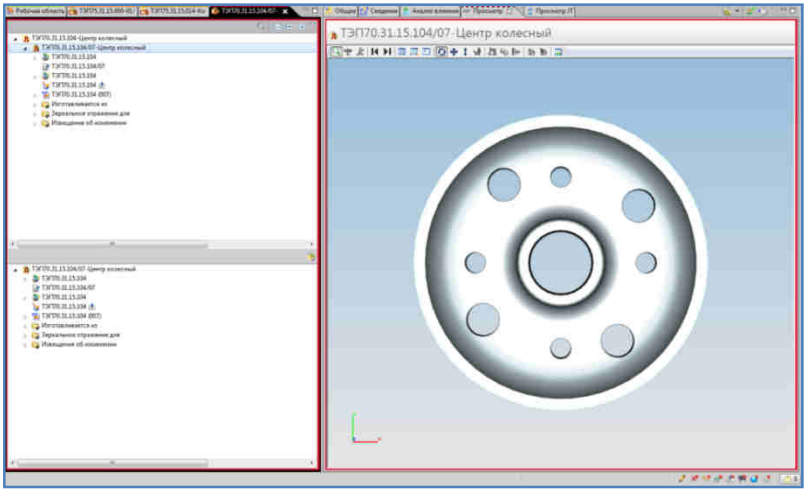


Рис. 6. Конечный результат

Данная работа представляет интерес для развития учебного процесса на кафедре КИ ТМС по направлениям 15.03.05 и 15.04.05 К-ТОМП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Торон Д.Н.* Teamcenter. Начало работы [Электронный ресурс] / Д.Н. Торон, В.В. Терликов. Режим доступа: http://media.plm.automation.siemens.com.
2. *Титов Е.С.* Инструкция оператора для обработки КД в системе «Teamcenter».

УДК 620.1:621.914.28

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПЛОСКИХ НОЖЕЙ ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКОВ, УПРОЧНЕННЫХ МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ

Г.В. Алифировец, С.А. Гриневич

Научный руководитель – С.А. Гриневич, канд. техн. наук, доцент

Белорусский государственный технологический университет

Большое количество деревообрабатывающих предприятий оснащены фрезерно-брусующими машинами и линиями на их основе. Данный тип оборудования предназначен для производства технологической щепы и пилопродукции (досок или брусьев). В многих случаях измельченная древесина получаемая от фрезерно-брусующих линий будет более качественной, и связано это не столько с качеством резания, сколько с поступаемым для резания сырьем. Технологическая щепа получила широкое распространение в целлюлозном, гидролизном и других производствах в качестве полноценного сырья для выработки ценных продуктов [1]. Важнейшим показателем процесса механической лезвийной обработки древесины, в том числе при агрегатном методе, являются потребление электрической энергии на резание и производительность оборудования. С целью оптимизации данных показателей необходимо обеспечить повышенную стойкость дереворежущего инструмента. Разработка методов увеличения стойкости дереворежущего инструмента позволяет улучшить качество обработки и увеличить производительность оборудования.

В настоящей работе рассмотрен метод ионно-плазменного азотирования для упрочнения поверхностей плоских ножей, его эффективность и влияние на период стойкости ножей.

Ключевые слова: *фрезерно-брусующий станок, фрезерование, пиломатериал, цилиндрическая фреза, нож, ионно-плазменное азотирование.*

THE RESULTS OF THE LIFESPAN TESTS THE OF A FLAT KNIFE OF CHIPPER CANTER MACHINESSTREGTHENED BY ION-PLASMA NITRIDING

G.V. Alifirovets, S.A. Grinevich

Scientific Supervisor – S.A. Grinevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Belarusian State Technological University

A large number of woodworking enterprises are equipped with chipper canter machines and lines based on them. This type of equipment designed for the production of technological wood chips and sawn timber (boards or beams). In many cases, the shredded wood produced with chipper canter lines will be better, and this is connected not only with the quality of cut, but incoming raw materials. Technological chips are widely used in pulp mills, hydrolysis and other industries as a valuable raw material for the production of valuable products [1]. The most important indicator of wood mechanical blade processing including at an aggregate method are consumption of electric energy for cutting and productivity of the equipment. In order to optimize these indicators, it is necessary to ensure increased durability of wood-cutting tools. The development of methods to increase the durability of woodworking tools can improve the quality of processing and increase the productivity of equipment.

In the present work the method of ion-plasma nitriding for strengthening the flat knives surfaces, its efficiency and influence on the lifespan of knife is considered.

Keywords: *chipper canter machine, milling, lumber, cylindrical mill, knife, ion-plasma nitriding.*

На многих деревообрабатывающих предприятиях применяют фрезерно-брусующие станки и линии на их основе. Данный тип оборудования предназначен для производства пилопродукции (досок или брусьев) и технологической щепы. Технологическая щепа широко применяется в целлюлозном, гидролизном и других производствах в качестве полноценного сырья для производства древесных материалов (ДВП, ДСП и др.) [1].

Практически на всех современных линиях агрегатной переработки бревен применяется технология профилирования пиломатериалов с целью увеличения полезного выхода пилопродукции. Режущим инструментом используемым на профилирующих узлах фрезерно-брусующих станков являются цилиндрические фрезы, режущими элементами которых являются плоские ножи[2].

Одним из важнейших показателей процесса механической обработки древесины, в том числе и при агрегатном методе обработки, являются энергопотребление и производительность. Для повышения данных показателей необходимо обеспечить высокую стойкость дереворежущего инструмента.

На сегодняшний день промышленность Республики Беларусь не обеспечивает деревообрабатывающие предприятия страны качественным инструментом данного типа, поэтому актуальной задачей является разработка дереворежущего инструмента для фрезерно-брусующих линий, в том числе для узлов профилирования, который по своим характеристи-

кам не будет уступать аналогам импортных производителей таких фирм как FABA, LEITZ и Leuco.

Одним из направлений повышения стойкости дереворежущего инструмента является применение методов его упрочнения. Был размещен заказ на изготовление опытной партии ножей для узлов профилирования в количестве 8 штук из стали СТ6Х4М2ФС. Характеристики данного материала схожи с характеристиками стали 8Х6НФТ. Изготовленная партия ножей не соответствовала требованиям поверхностной твердости, и коллективом автором совместно со специалистами ФТИ НАН Республики Беларусь было решено произвести их поверхностное упрочнение методом ионно-плазменного азотирования.

Ионно-плазменное азотирование (ИПА) – это разновидность химико-термической обработки инструмента, обеспечивающая диффузионное насыщение поверхностного слоя стали азотом или азотом и углеродом в азотно-водородной плазме при температуре 350–600^{0}С [3].

Преимуществами ионно-плазменного азотирования являются:

• более высокая поверхностная твердость азотированных деталей;

• отсутствие деформации деталей после обработки;

• повышение предела выносливости и увеличение износостойкости обработанных деталей;

• более низкая температура обработки, благодаря чему, в стали не происходит структурных превращений;

• сохранение твердости азотированного слоя даже после нагрева до 600–650 ^{0}С;

• возможность обработки изделий сложных форм;

• отсутствие загрязнения окружающей среды.

Для определения оптимальных режимов упрочнения методом ионно-плазменного азотирования было произведено упрочнение плоских ножей при разных температурах в диапазоне 400-500 ^{0}С с шагом 50 ^{0}С, и проводились промышленные испытания упрочненных образцов на деревообрабатывающем комбинате ОАО «Борисовский ДОК» (г. Борисов, Республика Беларусь).

Лесопильный завод «ОАО Борисовский ДОК» оснащен фрезерно-брусующей линией LINCK предназначено для комплексной переработки пиловочных бревен диаметром 10 – 34 мм. (в вершинном срезе бревна), со скоростью до 45 м/мин, для получения пилопродукции и технологической щепы. На рис. 1 представлена фрезерно-брусующая линия LINCK.

Рис. 1. Фрезерно-брусующая линия LINCK

Режущим инструментом фрезерно-пильного станка VPS22 являются плоские ножи (рис. 2).

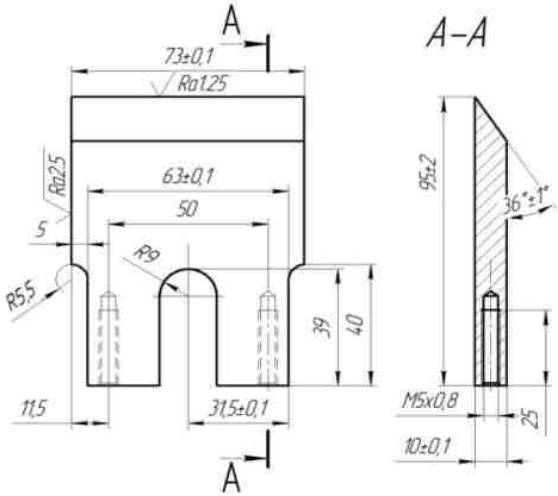


Рис. 2. Плоский нож

Результаты испытаний показали, что ножи, упрочненные при температуре 400 ^{0}С переработали 400 м^3 древесины и радиус округления режущей кромки 436 мкм. Фотографии ножа и слепка режущей кромки представлены на рис. 3, 4.

Рис. 3. Фотография ножа

Рис. 4. Фотография слепка режущей кромки

Ножи, упрочненные при температуре 450 ^{0}С переработали 1500 м^3 древесины и радиус округления режущей кромки 314 мкм. Фотографии ножа и слепка режущей кромки представлены на рис. 5, 6.

Рис. 5. Фотография ножа

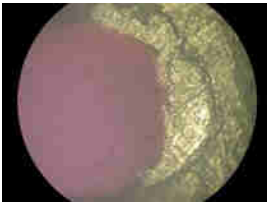


Рис. 6. Фотография слепка режущей кромки

Ножи упрочненные методом ионно-плазменного азотирования при температуре 500 ^{0}С переработали 2500 м^3 древесины и радиус округления режущей кромки 91 мкм. Ножи производства фирмы FABA переработали также 2500 м^{3}древесины и радиус округления режущей кромки составил 85 мкм. Фотографии ножей и слепков режущих кромок представлены на рис. 7, 8, 9.

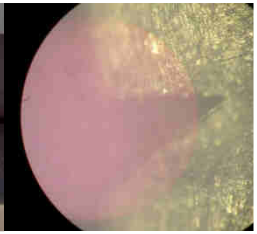


Рис. 7. Фотография слепка режущей кромки (Республика Беларусь)

Рис. 8. Фотографии ножей

Рис. 9. Фотография слепка режущей кромки (FABA)

Заключение. Таким образом на основании проведенных исследований можем сделать вывод, что период стойкости ножей отечественного производства упрочненных методом ионно-плазменного азотирования при температуре нагрева 500°С не уступает периоду стойкости импортных ножей производства FABA.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щепа технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815–1983. Введ. 01.01.1985. М.: Изд-во стандартов, 1983. 12 с.

2. *Боровиков Е.М.* Лесопиление на агрегатном оборудовании / Е.М. Боровиков, Л.А. Фефилов, В.В. Шестаков. М.: Лесная пром-сть, 1985. 216 с.

3. Влияние ионно-лучевого азотирования дереворежущего инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали, на период его стойкости / А.В. Белый, А.Ф. Аникеенко, А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин // Труды БГТУ, № 2(184). Лесная и деревообрабатывающая пром-сть. Минск, 2016 С. 266-269.

УДК 621.914.025.7

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ РЕФЛЕКТОРНОГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Д.Л. Болочко

Научный руководитель - А.А. Гришкевич, канд. техн. наук, доцент

Белорусский государственный технологический университет,
Республика Беларусь, г. Минск

Резание древесины и древесных материалов с использованием лезвийного инструмента является одним из основных видов обработки при изготовлении мебели, столярных изделий, получении щепы и в других производствах. Механическая обработка древесины и древесных материалов методом фрезерования занимает в этих технологических процессах одно из ведущих мест. Однако обеспечение качества и производительности оборудования с применением существующих технологий обработки древесины связано с необходимостью использования разнообразного дереворежущего инструмента и больших затрат электроэнергии.

Одним из эффективных направлений решения указанных проблем является придание инструменту возможности изменения углов резания и осевого угла при переходе с одних режимов резания на другие, что позволит уменьшить энергию на деформацию удаляемого слоя и повысить ресурс работы инструмента.

В связи с этим на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов спроектирована и изготовлена фреза, у которой есть возможность изменять углы резания и осевой угол одновременно. Это позволит уменьшить мощность на резание, повысить качество обработанной поверхности и увеличить период стойкости инструмента.

Ключевые слова: *фрезерование, рефлекторная фреза, нож, стойкость, мощность, осевой угол, расчётная схема.*

THEORETICAL RESEARCHES OF STEADY OPERATION OF THE REFLEX MILLING TOOL

D.L. Bolochko

Scientific Supervisor - A.A. Grishkevish, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Belarusian State Technological University, Minsk, RB

Cutting of wood and wood materials with the using of blade tool is one of main types of processing at production of furniture, joiner's products, chip production and in

other manufactures. Machining of wood and wood materials by method of milling occupies one of the leading places in these technological processes. However ensuring quality and productivity of the equipment with use of the existing technologies of processing of wood is connected with need of using various types of woodcutting tools and big expenses of the electric power.

One of the effective ways to solve these problems is to enable the tool to change the cutting angles and the axial angle when changing from one cutting mode to another. This will allow to reduce the energy for deformation of the removed layer and to increase the service life of the tool.

In this case at the department of woodworking machines and tools the mill, which has an opportunity to change the angles of cutting and an axial angles simultaneously is designed and made. It will allow to reduce power by cutting, to increase quality of the processed surface and to increase the tool life period.

Keywords: *milling, reflex mill, knife, durability, power, axial angle, design scheme.*

Введение. Обеспечение безопасной эксплуатации фрезерного инструмента в деревообработке является важной задачей, связанной с использованием высоких скоростей во время обработки древесных материалов. Использование простых и надежных конструкций не всегда оправдано в современных условиях, поскольку деревообработчики постоянно пытаются снизить издержки производства, расширяя ассортимент выпускаемой продукции за счет увеличения возможностей эксплуатации инструмента. Над развитием таких инструментов и работают на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов. Например в работе [1] представлена конструкция фрезерного рефлекторного (от латинского reflekto – загибаю назад, поворачиваю) инструмента, которая состоит из корпуса и двух подвижных держателей ножа. Определенная универсальность инструмента имеет и свои недостатки, связанные с необходимостью выполнения расчётов на устойчивость во время обработки материала и разгона (торможения). Таким образом, в представленной работе делается акцент на необходимость использования фиксирующих элементов, что подтверждается дальнейшими теоретическими и экспериментальными данными. В работе решаются следующие задачи:

1. На основании 3Д модели определяются моменты сил инерции, действующие на подвижные элементы во время разгона (торможения) инструмента.
2. Разрабатывается 3Д модель обработки материала фрезерного инструмента с рефлекторными свойствами.
3. Определяются силы, возникающие в процессе фрезерования древесины инструментом с рефлекторными свойствами.
4. Проводятся расчеты по определению закономерностей поведения инструмента с рефлекторными свойствами в режиме обработки материала.

5. Делается вывод о возможности использования разработанной 3Д модели фрезерного инструмента в режиме резания материала.

Основная часть. На рис. 1 представлена конструкция рефлекторного инструмента с изменяемыми угловыми параметрами.

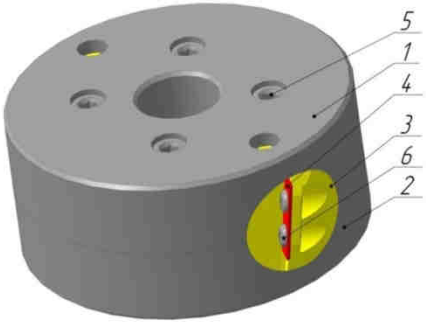


Рис. 1. Общий вид фрезы рефлекторной:
1 – Корпус правый; *2* – Корпус левый; *3* –Держатель ножа;
4 – Нож (угол заточки 40 град); *5* – Винт для фиксации частей корпуса;
6 – Винт для крепления ножа

Держатель ножа 3, на котором крепится нож 4, является частью шара, и контактирует с корпусом 1,2 по части сферической поверхности. Ввиду этого он имеет три вращательных степени свободы относительно корпуса фрезы, что обеспечивает широкие возможности по установке ориентации ножа как для целей научных исследований, так и при использовании в производстве с целью оптимизации процессов обработки заготовок.

В работе [2] представлены данные по моментам и силам, действующим на разборный элемент рассматриваемого инструмента.

На основании ранее выполненных расчетов предлагается использование углов Эйлера с центром координат в плоскости, находящейся на оси вращения инструмента. Предлагаемая модель позволяет определить реакцию связи корпуса инструмента с подвижным сектором от условий эксплуатации и изучить особенности взаимодействия адаптивного инструмента с обрабатываемым древесным материалом.

По результатам расчёта программой MathCad были построены графики зависимостей моментов инерции от углов и сделаны следующие выводы:

1. Момент силы инерции меняет своё значение при изменении углов в диапазоне от -4 до 4 градусов.

2. Максимальный момент силы инерции достигается при осевым угле 0° и равен 580,829 Н·м.

Но для более точного анализа работы инструмента необходимо произвести расчёт при его работе с материалом.

Для выполнения расчетов необходимо определить силы, действующие на инструмент во время работы. Для этой цели используем экспериментальную установку Unimat 23EL, характеристики которой представлены в [3]. На рис. 2 приведены графики зависимостей изменения радиальной F_x, осевой F_z и касательной составляющей силы резания F_y (расчёт производился по методике проф. Бершадского) от осевого угла φ при постановке экспериментов по фрезерованию древесины сосна.

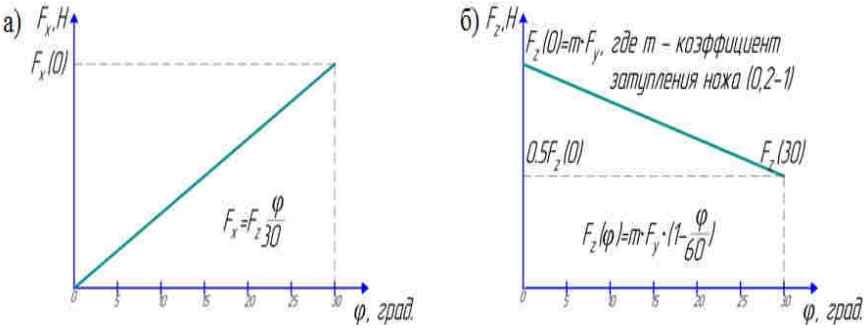


Рис. 2. Графики зависимостей сил от осевого угла φ:
а – зависимость радиальной силы F_x , Н, от осевого угла φ, град;
б – зависимость осевой силы F_z , Н, от осевого угла φ, град.

В программе MathCad произведем расчёт сил и моментов инерции в режиме обработки. Но при повороте ножа в осевом направлении мы сталкиваемся с тем, что нож врезается в материал не всей длиной режущей кромки, а постепенно на входе в материал и при его выходе. В связи с этим возникает необходимость определения моментов от сил резания при входе и выходе ножа из материала.

На рис. 3 представлена расчётная схема для определения моментов от сил резания при входе и выходе ножа.

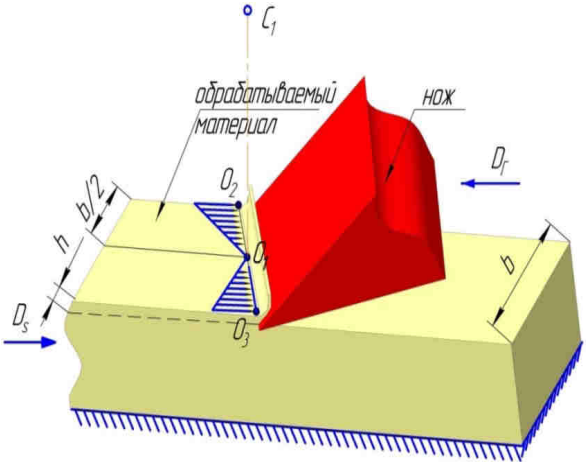


Рис. 3. Расчётная схема для определения моментов от сил резания при входе и выходе ножа в процессе обработки материала

Программой MathCad получены результаты расчёта моментов сил резания в зависимости от осевого угла при входе и выходе ножа из материала (табл. 1).

Таблица 1. Результаты расчёта

При работе всего ножа в материале				При выходе ножа из материала			При входе ножа в материал		
φ, град	Mx, Н·м	My, Н·м	Mz, Н·м	Mx, Н·м	My, Н·м	Mz, Н·м	Mx, Н·м	My, Н·м	Mz, Н·м
0	-4,75		0	-4,75	-1,44	-2,88	-4,75	1,44	2,88
5	-4,75		0	-3,486	-1,87	-3,091	-6,017	0,77	3,091
10	-4,75		0	-4,1	-2,2	-3,097	-5,404	0,2	3,097
15	-4,75		0	-5,454	-2,43	-2,53	-4,05	-0,27	2,53
20	-4,75	-1,6	0	-5,628	-2,56	-2,3	-3,875	-0,64	2,3
25	-4,75	-1,75	0	-4,64	-2,59	-2,97	-4,86	-0,91	2,97
30	-4,75	-1,8	0	-4,04	-2,52	-3,59	-5,46	-1,08	3,59

Из результатов расчёта (таблица 1,2) видно, что момент от сил резания достигает максимального значения 6 Н·м при входе ножа в материал.

Выводы.

1. Моделирование процесса механической обработки материала фрезерным инструментом с ножом, имеющим прямолинейную режущую кромку, показывает на несущественное влияние площади снимаемого профиля на силу резания при повороте осевого угла λ. Снижение касательной составляющей силы резания при увеличении λ с 0 дол 30 град. значительно превышает ее рост при одновременном увеличении площади снимаемого профиля. Дальнейшее увеличение угла (выше 30 град.) не ведёт к уменьшению мощности. Это связано с тем, что при осевом повороте ножа увеличивается площадь поперечного сечения стружки, так как поверхность обработанной заготовки приобретает криволинейную форму.

2. Теоретические расчеты модели взаимодействия плоского ножа с обрабатываемым материалом показали работоспособность фрезы с рефлекторными свойствами.

3. Сравнивая моменты во время разгона (торможения) инструмента (580 Н·м) и во время обработки материала (6 Н·м) можно говорить о том, что оценку требуемых условий фиксации подвижных элементов с корпусом инструмента необходимо вести исходя из условия разгона (торможения), т.к. при этом режиме работы момент сил достигает наибольшего значения.

4. Предлагаемые 3Д модели фрезерования древесных материалов инструментом с прямыми ножами возможно применять в расчётах при конструировании и эксплуатации инструментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гришкевич А.А.* Особенности фрезерного сборного инструмента с изменяемыми углами: передним и наклона режущей кромки // А.А. Гришкевич, А.Ф. Аникеенко, В.Н. Гаранин // Труды БГТУ. 2014. Сер II (166): Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 175-177.

2. *Гришкевич А.А.* Расчёт параметров адаптивного фрезерного инструмента по разработанной 3D-модели / А.А. Гришкевич, В.С. Вихренко, В.Н. Гаранин, А.Ф. Аникеенко // Труды БГТУ. 2017. Сер I (198): Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 372-377.

3. *Гришкевич А.А.* Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания. Лабораторный практикум / А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин. Мн.: БГТУ, 2014. 90 с.

УДК 674.05:631.06

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ И ПРЕДЕЛЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В.Т. Швед

Научный руководитель – А.А. Гришкевич, канд. техн. наук, доцент

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь

В повышении производительности и эффективности использования деревообрабатывающего оборудования важное значение имеет качество подготовки дереворежущего инструмента к работе, в том числе и шлифовального.

При работе на деревообрабатывающем оборудовании при шлифовании древесины и древесных материалов приходится сталкиваться с проблемой потери режущей способности дереворежущего инструмента в результате заполнения пространства между зернами продуктами резания, что в значительной мере влияет на производительность процесса, увеличение энергопотребления и ухудшения качества обработанной поверхности.

В настоящей работе представлены результаты исследований влияния режимов резания (скоростей резания и подачи, припуска на обработку) на полную и полезную мощность. Установлено, какие из режимов не рекомендуется использовать при шлифовании ввиду того, что на поверхности обработанного материала появлялись прижоги в виде темно-коричневых и черных пятен, что свидетельствует о уменьшении производительности инструмента до критической величины и полной потере его режущей способности.

В статье рассматривается вариант возможного увеличения периода стойкости шлифовальной ленты, и, как следствие, производительности процесса. Предложено устройство по удалению продуктов резания с пространства между зернами шлифовальной ленты.

Ключевые слова: *шлифование, шлифовальная лента, стойкость, производительность, абразив, очистка.*

TECHNOLOGICAL MODES OF GRINDING OF WOOD AND LIMITS ON THEIR USE

V.T. Shved

Scientific Supervisor – A.A. Grishkevich**,** Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Belarusian State Technological University

In increase in productivity and efficiency of use of the woodworking equipment quality of training of the woodcutting tool to work including grinding is important.

During the work on the woodworking equipment when grinding wood and wood materials it is necessary to face a problem of loss of the cutting ability of the woodcutting tool as a result of filling of space between grains cutting products that considerably influences the process productivity, increase in energy consumption and deterioration of the processed surface.

In this article the following aspects are considered: increase in the period of firmness of a shirokolentochny sanding belt, increase in productivity of process of grinding, the description of the device on cleaning of a sanding belt of cutting products, change of power on cutting (energy consumption) depending on the technological modes.

In article the experiment on influence of various modes of cutting (speed of cutting, feed rate, an allowance for processing) on the consumed and useful power is described. It has been established what modes aren't recommended to be used when grinding in view of that, on the surface of polished material appeared prizhog in the form of dark brown and black spots that demonstrates loss of the cutting ability of the tool and to reduction of productivity of the equipment.

Keywords: *grinding, grinding belt, durability, productivity, abrasive, cleaning.*

Введение. Процесс шлифование является одним из основных технологических процессов в деревообработке, наибольшее распространение он получил в мебельном производстве, так как именно там требуется получать высокие классы шероховатости деталей.

Использование в деревообрабатывающей промышленности различных пород древесины приводит к тому что шлифовальные станки должны обрабатывать различный по своим свойствам материал. По этой причине к технологическим режимам предъявляют особые требования.

В повышении производительности и эффективности использования деревообрабатывающего оборудования большое значение имеет уровень качества подготовки дереворежущего инструмента к работе. В силу ряда особенностей (непостоянного большого количества участвующих в резании зерен-резцов, неупорядоченности геометрии зерен-резцов и срезаемых ими слоев) шлифование следует рассматривать как специфический процесс резания, к описанию которого не могут быть непосредственно применены закономерности обычного лезвийного резания [1].Поэтому, дальнейшее изучение факторов, влияющих на выходные (оценочные) показатели процесса шлифования (силы резания, мощность, качество обработанной поверхности), в основном связано с экспериментальными исследованиями. Актуальной остается и задача увеличения периода стойкости шлифовального инструмента (шлифовальной шкурки), следствием решения которой является увеличении производительности процесса и ресурсосбережение. Это возможно за счёт очистки шли-

фовальной ленты в процессе её работы, что улучшит её режущие характеристики, а следовательно увеличит срок её эксплуатации.

Однако использование для очистки ленты воздушных сопел, применяемых в базовой комплектации станка, не обеспечивает достаточной очистки, так как мощность их не велика, а удаление остатков продуктов резания требует больших усилий для отделения их от основы [2].

Основная часть. Количество активных, то есть взаимодействующих с обрабатываемой поверхностью зерен зависит от зернистости инструмента, степени округления абразивных зерен, площади контакта с обрабатываемым материалом [3]. Известны ранее проводимые экспериментальные исследования по изучению влияния касательной составляющей силы резания при шлифовании древесины и древесных материалов на мощность резания, путем статического нагружение на материал шлифовальной шкуркой (рис. 1) [4].

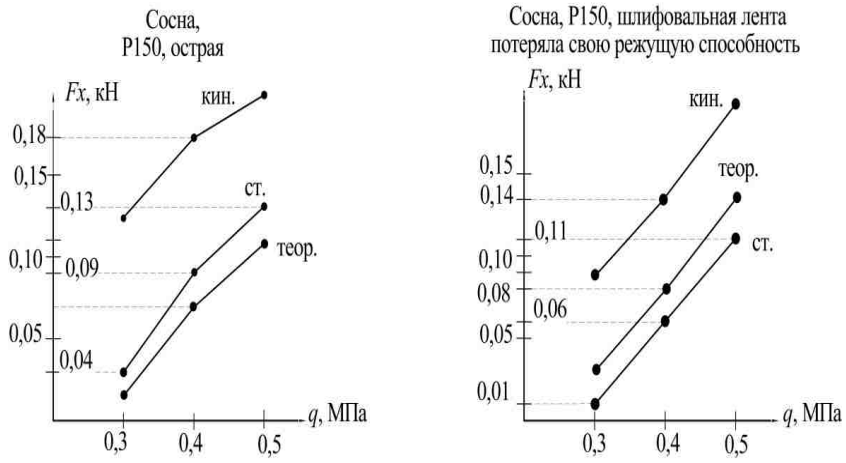


Рис. 1. Зависимость влияния зернистости шлифовальной шкурки и удельного давления на касательную составляющую силы резания при шлифовании древесины сосны

Исходя из данных полученных в результате эксперимента сделан вывод, что при увеличении давления касательная составляющая силы увеличивается, это связано в первую очередь с увеличением силы трения при взаимодействии древесины с зернами шлифовальной лентой, а также

с заполнением пространства между зернами остатками продуктов резания, которые в результате взаимодействия с обрабатываемым материалом приводят к увеличению сил трения, а следовательно, тем самым повышая мощность на резание.

Следует отметить, что эксперимент проведен в статическом режиме шлифования с целью определения (выделения) как можно точнее силы резания, приходящейся на деформацию обрабатываемого материала.

Учитывая ранее полученные данные в работе [4], авторами были проведены экспериментальные исследования по изучению режимов шлифования древесины сосны в реальном динамическом режиме на мощность резания и производительность инструмента. Определены возможные пути увеличения периода его стойкости шлифовальной шкурки.

Для проведения эксперимента использовалась фрезерно-шлифовальная машина Buldog FRC 910, предназначенная для шлифования натуральной древесины, древесно-пластиковых композитов, плитных материалов (ДСП, ДВП, МДФ, фанеры и др.) а также некоторых видов пластика. В эксперименте использовался калибровально-шлифовальный узел машины.

Режимы для проведения эксперимента: скорости резания и подачи, номер зернистости шлифовальной ленты, параметры заготовки были выбраны исходя из того, какие наиболее используются на деревообрабатывающих предприятиях.

График зависимости полезной мощности шлифования $P_{пол}$, кВт, от длины шлифования Lм.п. по результатам второго этапа эксперимента представлен на рис. 2.

Эксперимент заключался в измерении потребляемой мощности при шлифовании материала определенной длины погонных метров, то есть не новым инструментом как в предыдущем случае, а постепенно теряющей свою режущую способность лентой. При изменении технологических режимов (скорости подачи V_S, припуска H) шлифовальная лента не менялась.

Результаты эксперимента представлены в виде таблицы 1.

Анализ графика зависимости полезной мощности $P_{пол}$, кВт от длины обрабатываемого материала L м.п . по результатам второго этапа эксперимента (рис. 2), где обработка на всех режимах производилась лентой постепенно теряющей свою режущую способность показывает, что при скорости подачи V_S= 8 м/мин и припуске на обработку H = 0,2 мм начинается обугливание материала (прижоги). При этом полезная мощность заметно выше чем полезная мощность по результатам первого этапа экс-

перимента при таком же режиме и составляет $P_{пол}$=10,25 кВт. Когда скорость подачи равнаV_S=8 м/мин и припуск на обработку Н=0,3 мм, полезная мощность стремительно возрастает от $P_{пол}$=11,12 кВт до $P_{пол}$=13,20 кВт с увеличением длины обрабатываемого материала.

Таблица 1. Результаты эксперимента

Зернистость	Р150					
V, м/с	18	18	18	18	18	18
V_s, м/мин	4	4	6	6	8	8
Порода	Сосна					
Припуск h, мм	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Размеры						
Ширина b, мм	150	150	150	150	150	150
Длина l, мм	1000					
Мощность х.х. $P_{хол}$, кВт	0,93	0,86	0,90	0,88	0,85	0,92
	0,92	0,88	0,89	0,85	0,83	0,83
	0,9	0,85	0.86	0,90	0,90	0.85
	0,91	0,86	0.86	0,88	0,83	0.87
	0,91	0,88	0.87	0,90	0,75	0.81
Потребляемая мощность, $P_{рез}$, кВт	2,45	4,90	5,24	5,91	9,56	10,02
	2,75	5,64	5,54	6,36	9,74	10,30
	2,88	6,10	5,83	6,97	10,56	11,12
	2,98	6,41	6,05	7,57	10,63	12,32
	3,10	6,97	6,48	7,92	11,11	13,56
Полезная мощность, $P_{пол}$, кВт	1,52	4,04	6,34	8,03	10,25	11,12
	1,83	4,76	6,65	8,51	10,34	11,47
	1,98	5,25	6,97	9,07	10,66	12,27
	2,07	5,55	7,19	9,69	10,8	12,45
	2,19	6,09	7,61	10,02	10,96	13,20
Примечания					Прижоги	Прижоги

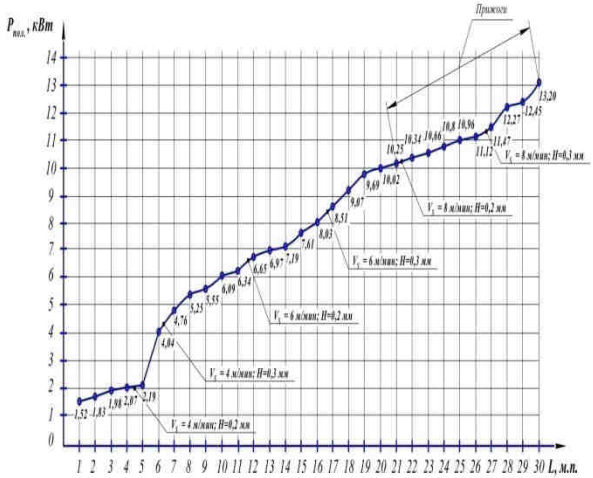


Рис. 2. График зависимости полезной мощности $P_{пол}$, кВт от длины обрабатываемого материала м. п. по результатам второго этапа эксперимента

Из полученных результатов следует, что сила трения между продуктами резания и поверхностью шлифуемого материала, возникающая в результате недопустимой величины заполнения пространства между зернами, оказывает существенное влияние на увеличение полезной мощности.

Предлагается механизм очистки шлифовальной ленты от остатков продуктов резания, который превосходит предыдущие конструкции по качеству удаления и эффективности. Суть его заключается в удалении продуктов резания с поверхности шлифовальной ленты во время её работы путем механического воздействия (ударами) на неё с рабочей стороны.

Выводы.

1. Эффективность процесса шлифования зависит от состояния шлифовальной ленты, величины заполнения пространства между зернами продуктами резания.

2. Увеличение скорости подачи до 8 м/мин изменяет мощность на резание при припуске H=0,2 мм с $P_{пол}$=10,25 кВт до $P_{пол}$ = 11,12 кВт при припуске H=0,3 мм. То есть полезная мощность увеличилась на 8,48 %.

3. Очистка ленты улучшит качество обработанной поверхности (отсутствие прижогов) и уменьшит энергопотребление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Любченко В.Н.* Резание древесины и древесных материалов: Учебное пособие для вузов. М.: Лесн. промышленность, 1986. 296 с.

2. *Гришкевич А.А.* Методика и результаты исследований по удалению продуктов резания с поверхности шлифовальной шкурки / А.А. Гришкевич, О.И. Костюк // ДЕРЕВООБРАБОТКА: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Междун. евразийского симпозиума. Екатеринбург, 2015. С. 156-162.

3. *Костюк О.И.* Результаты экспериментальных исследований по определению касательной составляющей силы резания при шлифовании древесины / О. И. Костюк // Труды БГТУ. Минск: БГТУ, 2016. № 2 (184) 2016 год. С. 281-284.

4. *Бершадский А.Л.* Резание древесины: учебное пособие для студентов ВТУЗОВ по специальности «Машины и механизмы лесной и деревообрабатывающей промышленности» / А.Л. Бершадский, Н.И. Цветкова. Минск: «Вышэйшая школа». 1975. 304 с.

УДК 674.815: 621.93.02

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ПИЛЕНИИ Л-ДСП

Т.А. Машорипова

Научный руководитель - А.Ф. Аникеенко, канд. техн. наук, доцент

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь

В статье представлены результаты исследования влияния количества связующего в плитном материале на силы резания.

Проведено исследование зависимости количества связующего в плитном материале на силы резания при пилении ламинированных древесностружечных плит подрезными пилами. В статье проведен теоретический расчет сил резания с использованием методики расчёта Ю.А. Цуканова. По полученным данным были построенны графики зависимости сил резания от количества связующего в плитном материале. Теоретические исследования позволят в дальнейшем провести оптимизацию лабораторных исследований и разработать рациональные режимы резания для данного процесса.

***Ключевые слова**: исследования, эксперимент, технологический режим, древесностружечная плита, пиление, износ.*

THEORETICAL INVESTIGATION OF CUTTING STRENGTH AT THE SANDING OF LAMINATED CHIPBOARD

T.A. Mashoripova

Scientific Supervisor - A.F. Anikeenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Belarusian State Technological University, Minsk, RB

The article presents the results of a study of the influence of the quantity of binding agent in the plate material on cutting forces. A study based on the quantity of binding agent in the plate material on cutting forces while sawing of laminated chipboard cutting saw blades. The article gives a theoretical calculation of the cutting forces using the methods of calculation of Y.A. Tsukanov. The data obtained were constructed graphs of the dependencies of cutting forces from the quantity of binding agent

in the plate material. Theoretical research will continue to optimize laboratory research and to develop rational modes of cutting for this process.
***Keywords**: research, experiment, operation, chipboard, sawing, wear.*

Введение. В современной ламинированной древесностружечной плите можно выделить три основных слоя: ламинат (декоративное покрытие), покрывающий поверхность плиты, некоторое количество связующего и непосредственно сама плита [1].

В связи с тем, что все три слоя отличаются физико-механическими свойствами, возникает необходимость использовать такие технологические режимы, которые будут удовлетворять качественной обработке наружных слоев, то есть декоративного покрытия.

Наиболее сложно выбрать технологические режимы для обработки хрупкого и очень твердого ламината, резание которого в основном осуществляется дисковыми пилами.

Основная часть. Специфика пиления древесностружечных плит состоит в том, что при распиловке нужно учитывать композиционное строение плит, ориентацию частиц относительно наружных плоскостей плиты и анизотропность обрабатываемого материала.

Чем больше связующего в плитах, тем выше прочность плит и больше силы резания при их обработке [2].

В таблице 1 для удобства восприятия приведены необходимые поправочные коэффициенты, для определенного количества связующего в плитном материале.

Таблица 1. Данные для расчетов

Поправочный коэффициент	Связующее, %								
	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m_p	0,85	0,9	0,94	0,96	1	1,04	1,07	1,09	1,13

Для определения сил резания в зависимости от изменения связующего в плитном материале использовали методику расчетов Ю.А. Цуканова [2].

Определим среднюю касательную составляющую силы резания за один оборот инструмента по формуле

$$F_t = \frac{P_{дв} \cdot \eta_{общ} \cdot 1000}{V}, \quad (1)$$

где $P_{дв}$ – установленная мощность двигателя привода резания, кВт;

$\eta_{общ}$ – общий КПД привода;

V – скорость резания, м/с.

$$F_t = \frac{5,5 \cdot 0,96 \cdot 1000}{28,2} = 187,2 \text{ Н}$$

Определим радиальную составляющую силы резания по формуле

$$F_r = mF_t, \quad (2)$$

где m – переходной множитель [2]

$$m = m_T m_V m_\rho m_\gamma m_P, \quad (3)$$

где m_T – коэффициент, учитывающий подачу на зуб;

m_V – коэффициент, учитывающий скорость резания;

m_ρ – коэффициент, учитывающий округление режущей кромки лезвия;

m_γ – коэффициент, учитывающий объемный вес плиты;

m_P – коэффициент, учитывает количество связующего.

Согласно [2]: $m_T = 0,63$, $m_V = 1,1$, $m_\rho = 1,86$, $m_\gamma = 1$, $m_P = 1$.

$$m = 0,63 \cdot 1,1 \cdot 1,86 \cdot 1 \cdot 1 = 1,29,$$
$$F_r = 1,29 \cdot 187,2 = 241,5 \text{ Н}$$

Определим средний кинематический угол встречи θ, град, по формуле

$$\theta = \arcsin\sqrt{\frac{h}{D}}, \quad (4)$$

где D – диаметр пилы, мм;

h – высота пропила, мм.

Принимаем h=2 мм, т.к. при данном значении возникает наибольшая сила сопротивления подаче.

$$\theta = \arcsin\sqrt{\frac{2}{120}} = 7,42^{\circ}.$$

Сила сопротивления подаче F_Q, Н, определяется зависимостью

$$F_Q = F_t \cos\theta + F_r \sin\theta, \quad (5)$$

$$F_Q = 187,2 \cdot \cos 7,42^{\circ} + 241,5 \cdot \sin 7,42^{\circ} = 217,1\text{Н}.$$

Сила, нормальная к подаче F_S, Н, определяется зависимостью

$$F_S = F_t \sin\theta - F_r \cos\theta, \quad (6)$$

$$F_S = 187,2 \cdot \sin 7,42^{\circ} - 241,5 \cos 7,42^{\circ} = -215,3\ \text{Н}$$

Повторные расчеты произведем с помощью MathCad. Результаты полученных расчетов представим в виде таблицы 2.

Таблица 2. Результаты теоретических расчетов

Сила резания	Связующее, %								
	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F_r, Н	204,05	217,15	226,51	232,13	241,50	250,85	258,64	263,95	273,31
F_Q, Н	211,98	213,68	214,88	215,61	217,10	218,03	219,03	219,72	220,93
F_S, Н	178,17	191,16	200,44	206,01	215,30	224,57	232,29	237,56	246,85

В соответствии с таблицей 2 построим графики зависимости сил резания от количества связующего в плитном материале (рис. 1-3).

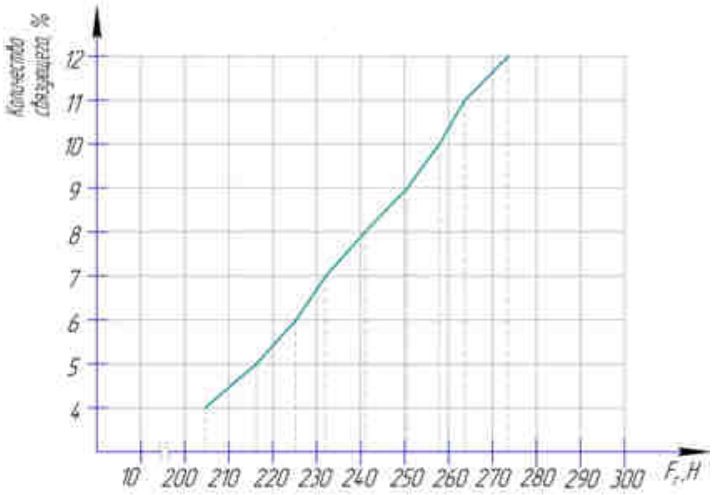


Рис. 1. График зависимости радиальной силы резания F_r, Н, от количества связующего в плитном материале, %

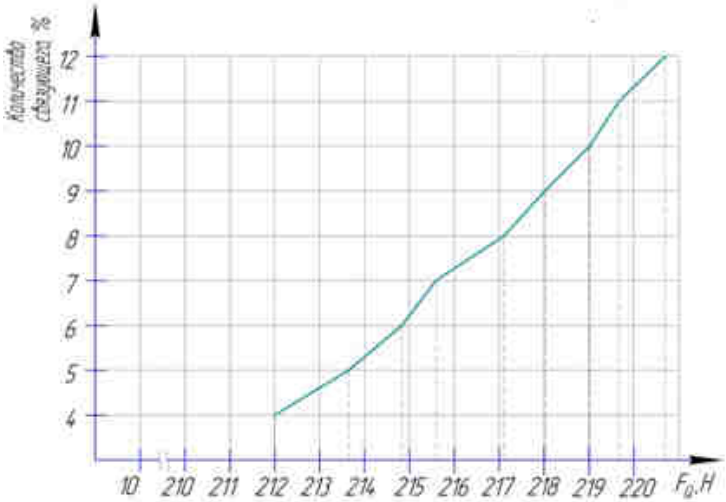


Рис. 2. График зависимости силы сопротивления подаче F_Q, Н, от количества связующего в плитном материале, %

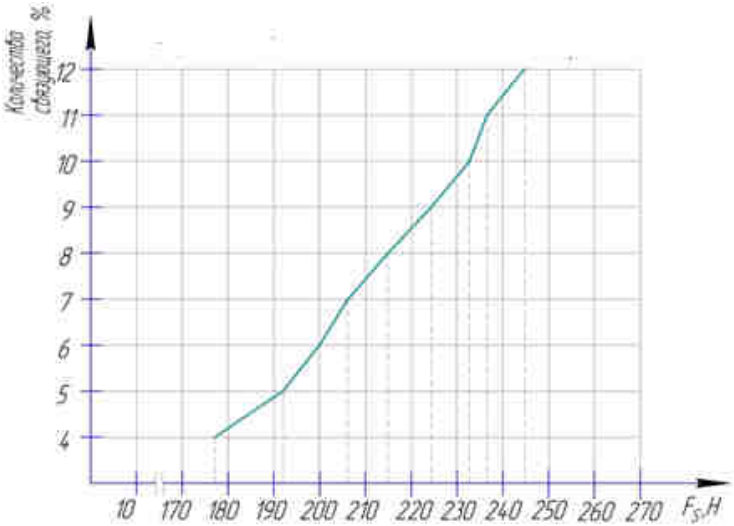


Рис. 3. График зависимости силы, нормально направленной к подаче F_S, Н, от количества связующего в плитном материале

Выводы:

1. Проанализировав полученные результаты, можно сделать выводы о том, что с увеличением количества связующего будет возрастать интенсивность износа зубьев пилы, что в следствии приведет к увеличению износа режущего инструмента, и качество распиловки значительно ухудшится.

2. Таким образом, от увеличения количества связующего в плитном материале с 4 до 12 % радиальная составляющая силы резания увеличилась на 25,34 %, сила сопротивления подачи на 4,05 %, сила, нормально направленная к подаче, – на 27,82 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волынский В.Н.* Технология древесных плит и композитных материалов: учеб. справоч. пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2010. 336 с.

2. *Цуканов Ю.А.* Обработка резанием древесностружечных плит / Ю.А. Цуканов, В.В. Амалицкий. Москва: Лесная промышленность, 1966. 94 с.

УДК 665.64.097.38

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТВОРНОГО КЛАПАНА ЦИКЛОНА РЕАКТОРНОГО БЛОКА УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Я.В. Екимов, А.В. Проворов

Научный руководитель – А.В. Проворов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается технология параметрического моделирования в САПР. Описывается процесс построение трехмерной параметрической модели сборки затворного клапана.

***Ключевые слова**: каталитический крекинг, циклон, затворный клапан, параметрическое моделирование.*

PARAMETRIC MODELING OF SHUTTER VALVE OF CYCLONE OF REACTOR UNIT OF CATALYTIC CRACKING INSTALLATION

Ya.V. Ekimov, A.V. Provorov

Scientific Supervisor – A.V. Provorov,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The technology of parametric modeling in CAD is considered. The process of constructing a three-dimensional parametric model of a valve assembly is described.

***Keywords**: catalytic cracking, cyclone, shut-off valve, parametric modeling.*

Технология параметрического моделирования, используемая в современных системах автоматизированного проектирования (САПР), заключается в использовании параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами при создании двумерных изображений и трехмерных моделей. Параметрами являются, прежде всего, размеры и

геометрические взаимоотношения между объектами. При таком подходене требуется точно определять координаты характерных точек, по которым строятся объекты, достаточно указать их размерные (длина, радиус, угол ...) и геометрические (параллельность, перпендикулярность, концентричность ...) параметры, а всю работу по вычислению результирующих координат объектов выполнит решатель геометрических ограничений — основа параметрического подхода к моделированию. Именно наличие такого решателя отличает параметрические САПР от остальных.

Первая известная параметрическая САПР появилась в 1988 году. Это была система Pro/Engineer фирмы Parametric Technology Corporation [1].Здесь впервые в полной мере был реализован параметрический подход к созданию конструктивных элементов трехмерных моделей. На основе конструктивных элементов создавались трехмерные детали, а на основе деталей - сборки. Вся последовательность построения (история построений) моделей записывалась в виде "дерева построения", в котором отражалась не только история создания, но и иерархия - отношения "родитель - потомок" между элементами модели. При изменении параметров любого элемента вся модель заново перестраивалась на основе истории и дерева построений. Это позволяет достаточно просто и быстро рассмотреть различные варианты конструкций. В настоящее время данная технология реализована в большинстве современных трехмерных САПР, в том числе в системе Autodesk Inventor.

Целью работы является построение в системе Autodesk Inventor Professional параметрической модели затворного клапана, являющегося одним из узлов циклона, множество которых входит в состав реакторного блока установки каталитического крекинга нефтеперерабатывающего завода [2]. Затворные клапаны содержат множество деталей, различаются размерами и могут иметь некоторые различия в конструкции. Создание всех возможных вариантов моделей конструкций достаточно трудоемкий процесс. Более правильным походом к проектированию является создание одного варианта параметрической сборки.

На первом этапе создаются параметрические твердотельные модели деталей затворного клапана, каждая из которых описывается набором параметров. Затем каждая деталь преобразовывается в параметрический ряд деталей. Параметры используются для изменения значений размеров каждой детали ряда (рис. 1).

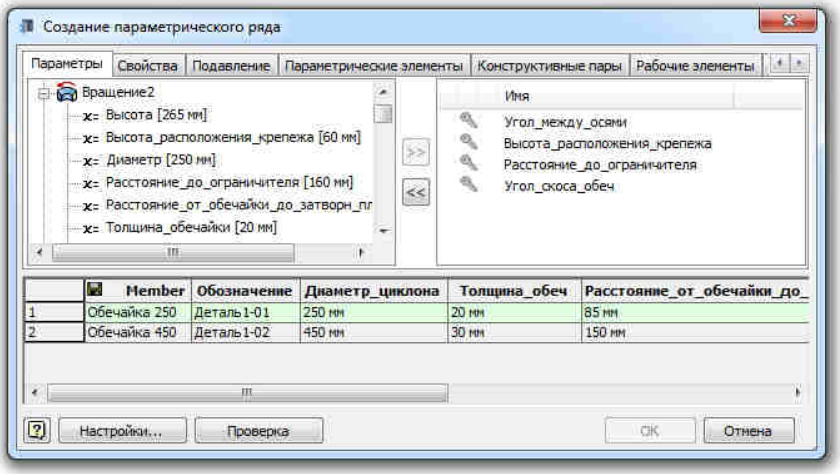


Рис. 1. Окно «Создание параметрического ряда»

Параметрические детали вставляются в сборку, где аналогичным образом создается параметрический ряд сборок. В качестве параметров сборки могут выступать параметры из параметрического ряда деталей, а также свойство "Исключение" детали из сборки. (рис. 2).

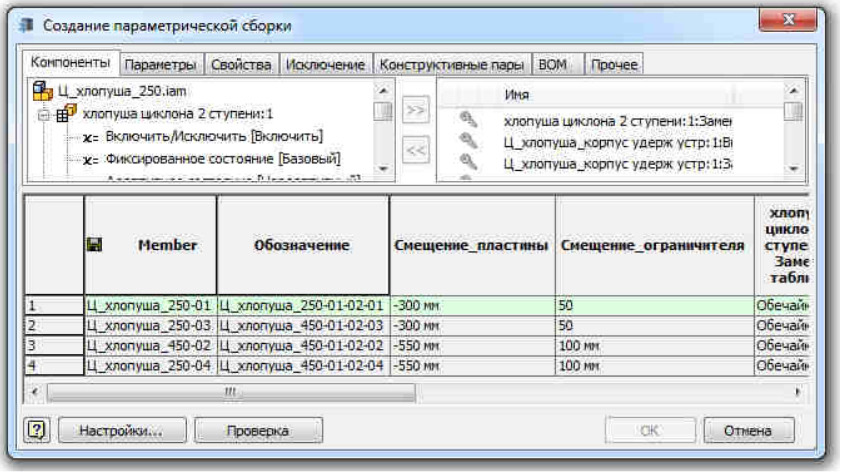


Рис. 2. Окно «Создание параметрической сборки»

Это позволяет формировать результирующие сборки, различающиеся размерами и комплектностью деталей. На рис. 3 представлены два варианта затворного клапана, полученные из параметрической сборки.

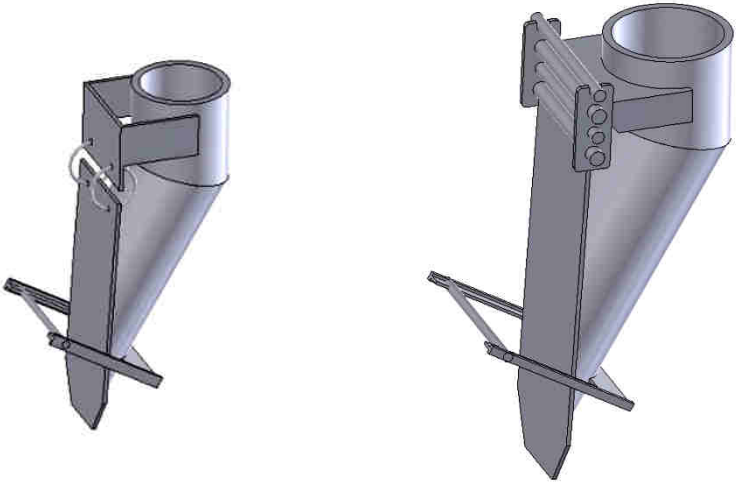


Рис. 3. Варианты сборок из параметрической таблицы

Таким образом параметрическое трехмерное моделирование позволяет создавать многовариантные сборки, варианты которых различаются не только геометрическими размерами, но и конструктивным оформлением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ушаков Д.* 30 лет Pro/ENGINEER: воспоминания о прошлом и размышления о будущем параметрического моделирования в САПР [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19547. (Дата обращения: 28.02.2018).

2. *Гуданов И.С.* Современные технологии и оборудование углублённой переработки нефти. Каталитический крекинг: Учеб. пособие. Ярославль, 2015. 180 с.

УДК 665.64.097.38

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ КАТАЛИЗАТОРА РЕГЕНЕРАТОРА УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Д.П. Пучек, А.В. Проворов

Научный руководитель – А.В. Проворов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Исследуется работа распределителя катализатора регенератора установки каталитического крекинга. Проводится сравнительный анализ распределителей и даются рекомендации по выбору конструкции.

***Ключевые слова**: катализатор, каталитический крекинг, распределитель катализатора.*

RESEARCH OF THE WORK OF THE CATALYTIC CRACKING DEVICE REGULATOR CATALYST DISTRIBUTOR

D.P. Puchek, A.V. Provorov

Scientific Supervisor – A.V. Provorov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The operation of the catalytic cracker regenerator catalyst regenerator is investigated. A comparative analysis of the distributors is carried out and recommendations for the choice of design are given.

***Keywords:** catalyst, catalytic cracking, catalyst distributor.*

При проведении реакции каталитического крекинга нефтепродуктов используется катализатор, который представляет собой мелкодисперсное порошкообразное вещество на основе алюмосиликатов. В процессе проведения реакции катализатор закоксовывается, что приводит к необходимости его восстановления или регенерации [1].

Регенератор каталитического крекинга представляет собой стальной, футерованный изнутри цилиндрический аппарат с коническим днищем. Отработанный катализатор подается в регенератор с потоком воздуха в нижнюю часть аппарата через специальное устройство - распределитель катализатора (рис. 1). Регенерация заключается в выжиге кокса с поверхности катализатора посредством горячего воздуха. Вывод восстановленного катализатора осуществляется через вышерасположенный штуцер. Основное назначение распределителя - обеспечить равномерное распределение катализатора по объему аппарата и, как следствие, одинаковое время нахождения частиц катализатора в зоне регенерации и полное восстановление их рабочих свойств.

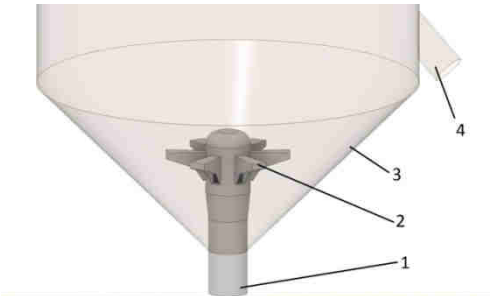


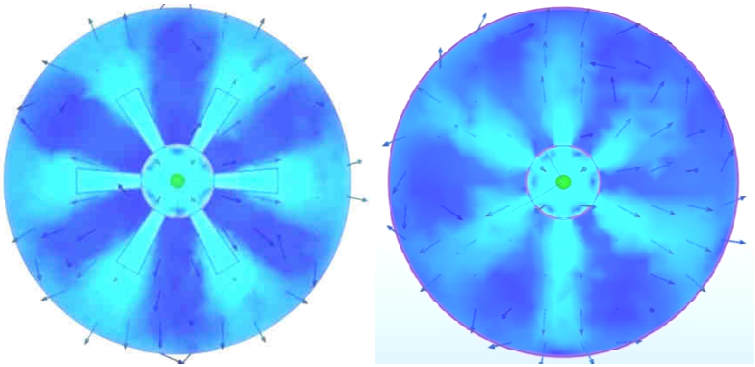
Рис. 1. Нижняя часть регенератора:
1 - ввод отработанного катализатора, 2 - распределитель катализатора, 3 - коническое днище регенератора, 4 - вывод регенерированного катализатора

Существует много различных конструкций распределителей катализатора. Одна из основных проблем заключается в том, что частицы катализатора, движущиеся в потоке воздуха с большой скоростью, вызывают эрозионный износ деталей распределителя катализатора и стенок аппарата. Интенсивность износа зависит от скорости потока катализатора и давления, оказываемого потоком на элементы аппарата.

На рис. 1 представлен распределитель катализатора установки каталитического крекинга 1-А/1М ОАО "Славнефть-ЯНОС" [2, с. 154]. Распределитель представляет собой цилиндрическую камеру с верхним эллиптическим днищем и шестью выходными прямоугольными отверстиями, равномерно расположенными по окружности. На каждом из отверстий расположен выводной патрубок коробчатой формы, открытый снизу. Все элементы распределителя футерованы изнутри эрозионностойким торкрет-бетоном.

Целью исследования являлось изучение движения потока катализатора в регенераторе и выдача рекомендаций по снижению эрозионного износа элементов аппарата. При исследовании использовались учебные версии САПР Autodesk Inventor - для трехмерного моделирования конструкции аппарата и Autodesk CFD - для конечно-элементного анализа потока катализатора. Мелкодисперсный катализатор в смеси с воздухом, движущийся в регенераторе и являющийся гетерогенной системой, был смоделирован в системе Autodesk CFD однородной несжимаемой жидкостью плотностью 0,45 г/см^3, соответствующей плотности псевдоожиженного катализатора, и вязкостью, равной вязкости воды. Это позволило в первом приближении изучить влияние и сравнить разные конструкции распределителя катализатора на распределение скоростей в потоке.

Было получено, что модификация конструкции и изменение размеров выводного патрубка несущественно влияет на распределение скоростей. Более того, распределитель без патрубков имеет некоторые преимущества. Он обеспечивает более равномерное распределение скоростей катализатора на выходе из цилиндрической камеры распределителя (рис. 2).

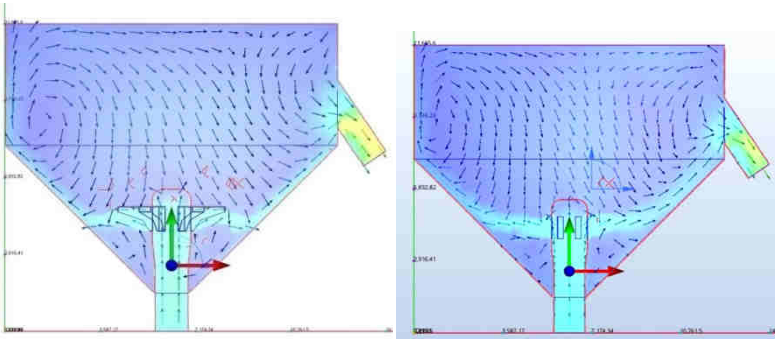


а) б)

Рис. 2. Картина распределения скоростей катализатора на выходе из цилиндрической камеры:

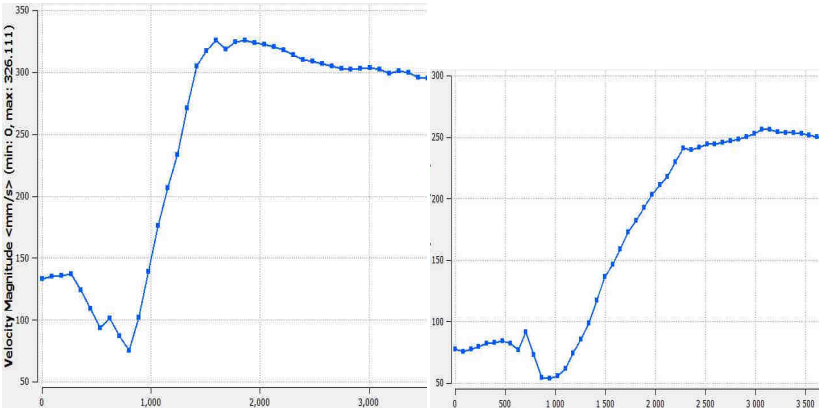
а - распределитель с патрубками; б - распределитель без патрубков

Кроме этого, заметно снижается скорость потока вблизи поверхности конического днища на уровне отверстий цилиндрической камеры (рис. 3). На рис. 4 показано, что при удалении выходных патрубков из конструкции распределителя максимальная скорость потока катализатора вблизи стенки конического днища существенно снижается, что позволяет уменьшить эрозионный износ днища аппарата.



а) б)

Рис. 3. Картина распределения скоростей частиц катализатора:
а - распределитель с патрубками; б - распределитель без патрубков



а) б)

Рис. 4. Изменение скорости катализатора вдоль стенки конического днища:
а - распределитель с патрубками; б - распределитель без патрубков

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крекинг нефтяных фракций на цеолитсодержащих катализаторах / С.Н. Хаджиев, Ю.П. Суворов и др. М.: Химия, 1982. 280 с.
2. *Гуданов И.С.* Современные технологии и оборудование углублённой переработки нефти. Каталитический крекинг. Часть 2. Технологическое оборудование установок каталитического крекинга: Учеб. пособие. Ярославль, 2015. 180 с.

УДК 665.64.097.38

ГЕНЕРАТИВНЫЙ ДИЗАЙН ЛОПАТКИ КРИСТАЛЛИЗАТОРА ПАРАФИНА

Д.В. Федотов, А.В. Проворов

Научный руководитель – А.В. Проворов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается применение технологии генеративного дизайна при автоматизированном проектировании лопатки кристаллизатора парафина. Описывается процесс создания модели лопатки в системе Autodesk Inventor.

***Ключевые слова**: генеративный дизайн, автоматизированное проектирование, лопатка, кристаллизатор парафина.*

GENERATIVE DESIGN OF SCAPULA OF PARAFFIN CRYSTALLIZER

D.V. Fedotov, A.V. Provorov

Scientific Supervisor – A.V. Provorov,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The application of generative design technology in the automated design of the paraffin wax blade is considered. The process of creating a blade model in the Autodesk Inventor system is described.

***Keywords**: generative design, computer-aided design, scapula, paraffin crystallizer.*

Генеративный дизайн, порождающее проектирование, бионический дизайн, топологическая оптимизация - все это различные определения одной и той же технологии автоматизированного проектирования технических объектов, получившей распространение в последнее время в связи с созданием технологических процессов и оборудования для трехмерной печати, лазерной резки и других. Генеративный дизайн предпола-

гает, что программная система проектирования сама генерирует оптимальную форму объекта в соответствии с заданными критериями оптимизации и ограничениями на параметры [1]. Созданные объекты получают сложную пространственно развитую конструкцию, во многом напоминающую структуру и форму объектов живой природы - строение деревьев и растений, устройство скелета птиц и животных. Отсюда и одно из определений технологии проектирования - бионический дизайн.

Многие современные системы 3D моделирования получили инструменты для генеративного дизайна деталей, в том числе и система Autodesk Inventor 2018. С использованием данной системы был выполнен генеративный дизайн лопатки кристаллизатора парафина [2].

Лопатка представляет собой прямоугольную пластинку (рис. 1) размерами 600x30x7 мм, закрепленную посредством двух цилиндрических опор на вращающемся валу внутри трубы, снабженной кожухом с охлаждаемой жидкостью. По трубе перемещается масло с растворенным в нем парафином, который кристаллизуется на стенке трубы. Лопатка при своем вращении прижимается к стенке трубы и срезает с нее скристаллизовавшийся парафин. При этом на верхнюю грань лопатки в касательном направлении действуют силы трения о стенку трубы и силы срезания парафина, а в нормальном направлении - силы реакции прижатия лопатки к слою парафина и стенке трубы. Кроме этого возникает незначительная сила гидравлического сопротивления вращению лопатки в среде масла.

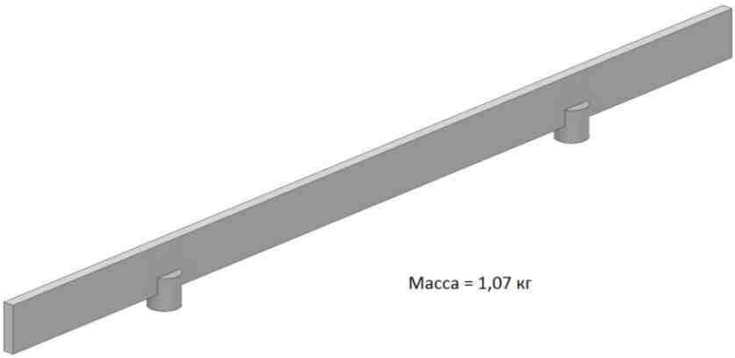


Рис. 1. Исходная модель лопатки

Решалась задача по изучению напряженного состояния тела лопатки и подбору ее оптимальной формы, обеспечивающей минимальную массу конструкции при сохранении ее работоспособности. Работа осуще-

ствлялась в среде Autodesk Inventor 2018, где была создана трехмерная модель лопатки (рис. 1). Autodesk Inventor содержит специальный инструмент для генеративного дизайна - "Генератор форм". Он позволяет сгенерировать такую форму, которая обеспечивает минимальную массу детали, работающей под нагрузкой, при сохранении ее прочностных свойств. При расчете формы детали используются методы конечных элементов и многопараметрической оптимизации.

На рис. 2 представлен результат обработки исходной модели лопатки кристаллизатора "генератором форм". При выполнении расчетов были заданы условия опирания конструкции, внешние нагрузки, а также зоны детали, которые не должны изменяться (верхняя и нижняя между опорами области лопатки). Программа автоматически создает сетку связанных в узлах конечных элементов, и "лишние", ненагруженные элементы удаляет из модели. В результате получается равнонагруженная по объему модель наименьшей для заданных ограничений массы, которая имеет неровную "рваную" граничную поверхность.

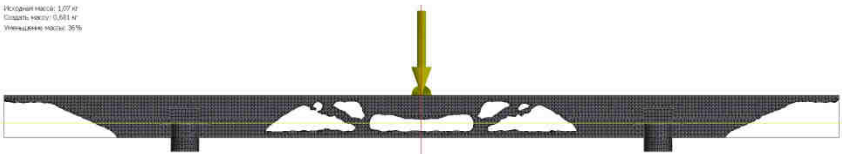


Рис. 2. Модель после обработки "генератором форм"

Эта модель была использована в качестве шаблона формы для модернизации исходной трехмерной модели. На рис. 3 представлен новый вариант модели лопатки кристаллизатора с вырезами, который имеет массу на 31% меньшую, чем масса исходной детали. Был проведен расчет новой конструкции на прочность методом конечных элементов (рис. 3), который показал, что новая конструкция под нагрузкой имеет равнонапряженное состояние, обеспечивающее выполнение условия прочности. Небольшая концентрация напряжений имеется вблизи цилиндрических опор, где напряжения приближаются к допускаемым.

Предполагается, что наличие вырезов в теле пластины кроме снижения массы детали и массы аппарата в целом должно привести к снижению сопротивления вращению лопаток в среде масла и снижению потребляемой мощности двигателя аппарата, а также к повышению эффективности перемешивания масла и процесса теплообмена. Однако для

подтверждения этих предположений требуется проведение дополнительных исследований.

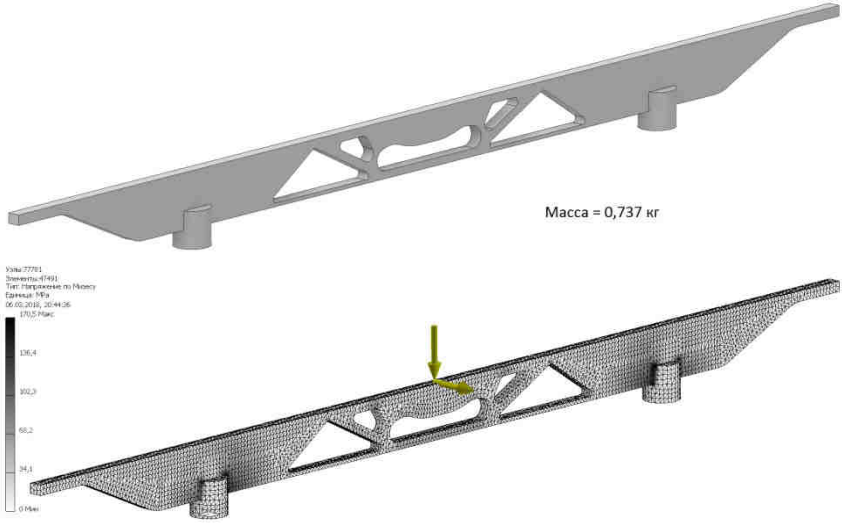


Рис. 3. Новый вариант модели и результаты расчета МКЭ

Таким образом, технология генеративного дизайна может служить эффективным инструментом для создания оптимальных конструкций деталей машин и аппаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кин Ф.* Порождающее проектирование порождает новую эру высокоэффективных продуктов [Электронный ресурс]. Режим доступа: sicad.ru/ru/articles.php?article_num=19337. (Дата обращения: 28.02.2018).

2. *Черножуков Н.И.* Технология переработки нефти и газа. Ч. 3. Очистка и разделение нефтяного сырья, производство товарных нефтепродуктов. М.: Химия, 1978. 424 с.

УДК 621.187.12

РАСЧЕТ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ВОДЫ И ПОДБОР СТАНДАРТНОГО РЯДА ДЕКАРБОНИЗАТОРОВ

Д.С. Долгин, Ю.А. Веткин

Научный руководитель – Ю.А. Веткин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Приведен порядок расчета установок для декарбонизации воды. Разработан ряд типоразмеров декарбонизаторов для различных значений производительности.

Ключевые слова: *декарбонизация воды, предотвращение углекислотной коррозии, расчет декарбонизаторов.*

CALCULATION OF THE INSTALLATION FOR DECARBONIZATION OF WATER AND SELECTION OF STANDARD RANGE OF DECARBONIZERS

D.S. Dolgin, Yu.A. Vetkin

Supervisor – Yu.A. Vetkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The procedure for calculating plants for water decarbonization is presented. The range of standard sizes of calciners for different production rates is developed.

Keywords: *decarbonization of water, prevention of carbon dioxide corrosion, calculation of calciner.*

Увеличение срока службы оборудования является неотъемлемой задачей при проектировании химических технологий и аппаратуры. Одним из основных факторов, влияющих на износ оборудования, является коррозия. Коррозионные процессы во многом зависят от содержания примесей в воде, поступающей для технологических нужд производства. Так удаление из воды растворенных в ней газов (кислорода и углекислого газа) существенно уменьшают коррозионные процессы, а значит, увеличивают срок службы оборудования. Декарбонизацией называют удаление

из воды свободного диоксида углерода CO_2 для предотвращения углекислотной коррозии оборудования и сетей [1].

В настоящее время процесс декарбонизации актуален не только для котельного оборудования, но и для любого вида нефтехимического оборудования, в котором применяется вода для разнообразных технологических целей.

Одни из последних публикации типовых конструкций декарбонизаторов – «Серия 4.903-13 выпуск 1-3 Вспомогательное оборудование для котельных установок» были опубликованы в 80-х годах прошлого века. И поэтому их актуализация на данный момент необходима.

Установка для декарбонизации воды со вспомогательным оборудованием приведена на рис. 1.

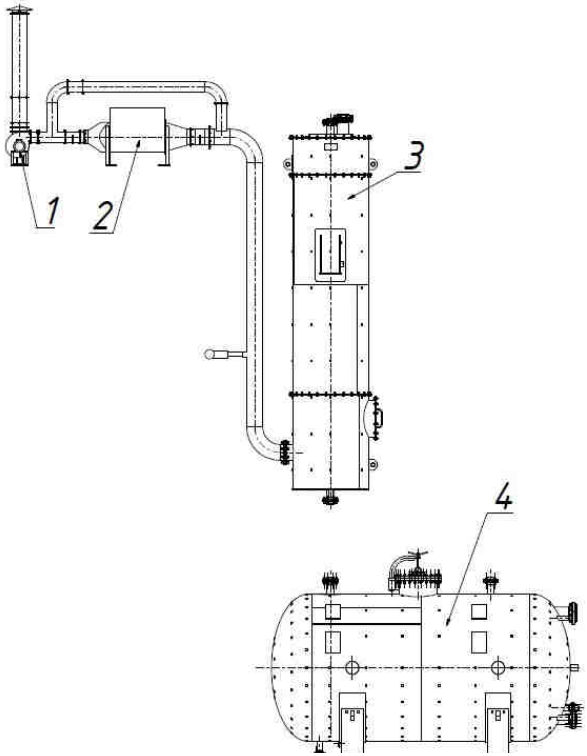


Рис. 1. Установка для декарбонизации воды:

1. вентилятор;
2. калорифер;
3. колонка декарбонизации;
4. бак декарбонизированной воды

Расчет установки для декарбонизации воды и подбор вспомогательного оборудования (калорифера и вентилятора) выполнен в следующем порядке:

1. Выбор типа насадки;
2. Расчет поверхность насадки;
3. Определение объема насадки;
4. Расчет общего расхода воздуха на декарбонизацию;
5. Расчет внутреннего диаметра колонки декарбонизатора и округление его до большего стандартного значения;
6. Определение высоты слоя насадки;
7. Подбор электрокалорифера;
8. Определение сопротивления воздуха, проходящего через декарбонизатор;
9. Подбор вентилятора;
10. Определение объема емкости для декарбонизированной воды.

Используя данную последовательность был рассчитан типоразмерный ряд оборудования для установки по декарбонизации воды.

Подбор осуществлялся при использовании следующих параметров декарбонизаторов и рабочей среды:

- производительность $G_{дк} = 15 \dots 300\ м^3/ч$;
- щелочности воды $Щ = 0{,}3 \dots 1{,}0\ мг - экв/л$;
- плотность жидкости, подаваемой на декарбонизацию – $\rho_ж = 956\, кг/м^3$;
- концентрация CO_2 в воде перед декорбанизацией – $C_{CO_2}^{общ} = 180\, мг/л$;
- конечная концентрация CO_2 в воде $C_{CO_2}^{ост} = 20\, мг/л$;
- температура воздуха на выходе из калорифера – $t_к = 40°C$;
- температура до калорифера – $t_н = -46°C$;
- насадка, используемая в декарбонизаторе – кольца Рашига 25х25х3.

Полученный ряд декарбонизаторов обладает следующими характеристиками:

- диаметр колонки декарбонизатора – $D_д = 600 \dots 2600\, мм$;
- мощность необходимая для нагревания воздуха – $Q = 10 \dots 310\, кВт$;
- производительность вентилятора – $V_{вент} = 450 \dots 13800\, м^3/ч$;
- объем емкости декарбонизированной воды – $V_{бака} = 20 \dots 375 м^3$.

Таким образом при выполнении расчета подобран комплекс установок, который включает в себя вентилятор, калорифер, колонку декарбонизации и бак декарбонизированной воды. Данный комплекс позволяет обеспечивать необходимую степень очистки воды от примесей CO_2 для предотвращения углекислотной коррозии нефтехимического оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шарапов В.И.* Декарбонизаторы / В.И. Шарапов, М.А. Сивухина Ульяновск: УлГТУ, 2000. 204 с.

2. Типовые конструкции и детали зданий и сооружений. Серия 4.903-13. Вспомогательное оборудование для котельных установок. Вып. 1-3. Приказ № 59 от 24.04.1978.

3. http://twt.mpei.ac.ru/books/vve/

УДК 66.02:621.926

К ПОДБОРУ КОНСТРУКЦИИ РЕАКТОРА ДЛЯ СИНТЕЗА ОСНОВЫ АЛКИДНЫХ ЛАКОВ

А.Р. Минулин, Ю.А. Веткин

Научный руководитель – Ю.А. Веткин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается проектирование реактора для алкидных лаков.
***Ключевые слова**: процесс синтеза, обогрев реактора, производство алкидов.*

DESIGN FEATURES OF REACTORS FOR THE SYNTHESIS OF ALKYD LACQUERS

A.R. Minulin, Yu.A. Vetkin

Scientific Supervisor - Yu.A. Vetkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The designing of a reactor for the synthesis of alkyd lacquers is considered.
***Keywords**: synthesis process, heating of the reactor, production of alkyds.*

Лакокрасочная промышленность выпускает обширный ассортимент лакокрасочных материалов: лаки, эмали, краски, грунтовки шпатлевки. В последние годы ассортимент лакокрасочных материалов значительно расширился. Основой любого лакокрасочного материала является лак – раствор пленкообразующего вещества в легколетучем органическом растворителе. Большое применение находят лакокрасочные материалы на алкидных смолах.

Существует три способа организации производства алкидов: периодический, непрерывный и полунепрерывный. В настоящее время в России наибольшее распространение получил периодический способ лаков, его основные преимущества: простота оборудования, относительно

невысокая стоимость оборудования и легкость переналадки на выпуск другой родственной продукции, пользующейся спросом.

Производство лака сводится к синтезу основы лака в реакторе, растворению основы лака и постановке на «тип» в смесителе, фильтрации и фасовке.

Главным оборудованием технологической цепочки, отвечающим за качество процесса, является реактор, от него зависит качество получаемого лака. Кроме этого процессы, проходящие в реакторе, занимают значительную часть времени от общего времени цикла получения лака. Поэтому подход к правильному подбору конструкции реактора синтеза является особенно важным.

Синтез лака в реакторе является сложным процессом и включает в себя ряд стадий:

- смешение компонентов и растворение сыпучих компонентов в жидкой основе;
- нагрев сырья;
- реакция переэтерификации;
- отгонка воды из реактора;
- охлаждение

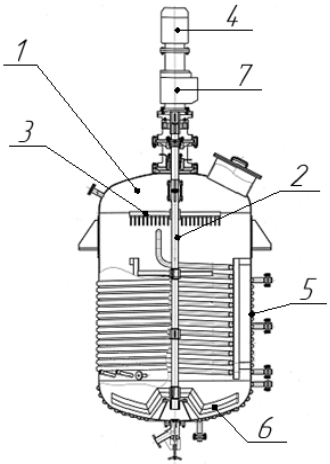


Рис. 1. Реактор синтеза основы лака:

1 - корпус; 2 - привод; 3 - пеногаситель; 4 - электродвигатель; 5 - рубашка; 6 - лопастная мешалка; 7 - редуктор

Процесс идет при высоких температурах порядка 250 ℃. Для создания необходимого температурного режима в реакторах, в настоящее время, находят применение два способа обогрева: электроиндукционный

обогрев и обогрев с помощью жидких высокотемпературных теплоносителей. У каждого способа ест свои преимущества.

Электроиндукционный обогрев обладает высоким КПД (порядка 90%), низким перепадом температур между стенками и реакционной массой (5-8℃) в стационарном режиме, возможностью тонкой регулировки благодаря малой температурной инерции. Однако, существенным недостатком данного метода является высокая стоимость затрат на электроэнергию.

Обогрев жидкими высокотемпературными теплоносителями в настоящее время осуществляется с использованием высокотемпературных масел-теплоносителей, например серии Mobiltherm, Shell Heat Transfer Oil S2, Teboil TermoOil 32 и др. Данные масла отличаются высокой рабочей температурой (до 320 ℃), долговечностью, хорошим теплопередающими свойствами, отсутствием вредного воздействия на окружающую среду. С учетом использования котельной для подогрева масла, работающей на природном газе, данный способ обогрева является существенно экономичнее обогрева с помощью электроэнергии.

Для интенсификации процесса реактор снабжен перемешивающим устройством. В существующих конструкциях реакторов, применяются мешалки различных типов: с горизонтальными (лопастные многоярусные) и с вертикальными лопастями (якорные и рамные). Использование перемешивающего устройства в реакторе преследует несколько целей, во-первых, смешение компонентов и растворение сыпучих компонентов в жидкой основе, во-вторых интенсификация процессов теплообмена при нагреве и охлаждение среды с целью сокращение времени на данные стадии процесса.

Таким образом, нами рассмотрены наиболее важные факторы определяющие конструкцию реактора синтеза лаков в современных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Козулин Н.А.* Оборудование заводов лакокрасочной промышленности / Н.А. Козулин, И.А. Горловский. СПб., 1992.

2. *Бегунов Р.С.* Химические реакторы в промышленности: Методические указания / Р.С. Бегунов, А.Н. Валяева. 2011. 58 с.

3. *Карпушкин С.В.* Расчеты и выбор механических перемешивающих устройств вертикальных емкостных аппаратов: учебное пособие / С.В.Карпушкин, М.Н. Краснянский, А.Б. Борисенко. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. 168 с.

УДК 621.321

МОДЕРНИЗАЦИЯ АТМОСФЕРНОГО ДЕАЭРАТОРА

М.В. Хренов, Ю.А. Веткин

Научный руководитель – Ю.А. Веткин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проводится обзор деаэрационных установок.
Ключевые слова: *деаэрационные установки, деаэраторы, процесс деаэрации.*

MODERNIZATION OF ATMOSPHERIC DEAERATOR

M.V. Khrenov, Yu.A. Vetkin

Scientific Supervisor – Yu.A. Vetkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The review of deaeration plants is carried out.
Keywords: *vent installation, deaerators, deaeration process.*

Деаэрация – процесс удаления кислорода из воды. Именно растворенный в воде кислород является основной причиной коррозии трубопроводов. Для удаления кислорода из воды применяются деаэраторы. Конструкции деаэраторов достаточно разнообразны: барботажные, пленочно-струйные, вихревые, струйные, щелевые и др. Процесс деаэрации может вестись при атмосферном давлении, избыточном давлении и вакууме.

В настоящее время в промышленности нашли широкое применение атмосферные деаэраторы (тип ДА). Они отличаются простотой конструкции, надежностью и обеспечивают на выходе воду с остаточным содержанием кислорода до 20 мкг/кг. Существует типоразмерный ряд данных конструкций установок, рассчитанных на различную производительность. Пример деаэрационной установки представлен на рис. 1.

Вода, подлежащая деаэрации, подается в колонку(2) через штуцеры. Здесь она последовательно проходит струйную и барботажную сту-

пени, где осуществляется ее нагрев и обработка паром. Из колонки вода струями стекает в бак, после выдержки в котором отводится из деаэратора через штуцер (Ж).

Основной пар подается в бак деаэратора через штуцер (Е), вентилирует паровой объем бака и поступает в колонку. Проходя сквозь отверстия барботажной тарелки (9), пар подвергает воду на ней интенсивной обработке (осуществляется догрев воды до температуры насыщения и удаление микроколичеств газов). При увеличении тепловой нагрузки срабатывает гидрозатвор пароперепускного устройства (12), через которое пар перепускается в обвод барботажной тарелки. При снижении тепловой нагрузки гидрозатвор заливается водой, прекращая перепуск пара.

Из барботажного отсека пар направляется в струйный отсек. В струях происходит нагрев воды до температуры, близкой к температуре насыщения, удаление основной массы газов и конденсация большей части пара. Оставшаяся парогазовая смесь (выпар) отводится из верхней зоны колонки через штуцер (Б) в охладитель выпара (3) или непосредственно в атмосферу. Процесс дегазации завершается в деаэраторном баке (1), где происходит выделение из воды мельчайших пузырьков газа за счет отстоя. Часть пара может подаваться через штуцер в размещенное в водяном объеме бака барботажное устройство (8), предназначенное для обеспечения надежной деаэрации (особенно в случае использования воды с низкой бикарбонатной щелочностью и высоким содержанием свободной углекислоты) и при резко переменных нагрузках деаэратора.

Конструкция внутренних устройств деаэрационной колонки обеспечивает удобство внутреннего осмотра. Перфорированные листы внутренних устройств изготавливаются из коррозионно-стойкой стали.

Охладитель выпара поверхностного типа состоит из горизонтального корпуса и размещенной в нем трубной системы.

Химочищенная вода проходит внутри трубок и направляется в деаэрационную колонку через штуцер (А). Парогазовая смесь (выпар) поступает в межтрубное пространство, где пар из нее практически полностью конденсируется. Оставшиеся газы отводятся в атмосферу, конденсат выпара сливается в деаэратор или дренажный бак.

Для обеспечения безопасной эксплуатации деаэраторов предусматривается их защита от опасного повышения давления и уровня воды в баке с помощью комбинированного предохранительного устройства, которое подключается к деаэраторному баку через штуцер перелива.

Устройство состоит из двух гидрозатворов, один из которых защищает деаэратор от превышения допустимого давления, а другой от опасного повышения уровня, объединенных в общую гидравлическую систему, и расширительного бака. Расширительный бак служит для накопления объема воды (при срабатывании устройства), необходимого для

автоматической заливки устройства (после устранения нарушения в работе установки), т.е. делает устройство самозаливающимся.

Диаметр парового гидрозатвора определен, сходя из наибольшего допустимого давления в деаэраторе при работе устройства 0,07 МПа и максимально возможного в аварийной ситуации расхода пара в деаэратор при полностью открытом регулирующем клапане и максимальном давлении в источнике пара.

Данные установки находят применение в системах водоподготовки на ТЭЦ. В последние годы, помимо ТЭЦ, процессы деаэрации воды находят все большее применение в других отраслях промышленности, в частности, в нефтехимической. Причем, использование воды на технологических процессах ставит более жесткие требования к остаточному содержанию кислорода в воде (до 10 мкг/кг). В связи с этим, адаптация типового атмосферного деаэратора под условия технологического процесса является актуальной задачей. Решение данной задачи достигается внесением изменений в конструкцию деаэрационной колонки, полученных на основании расчетов [4].

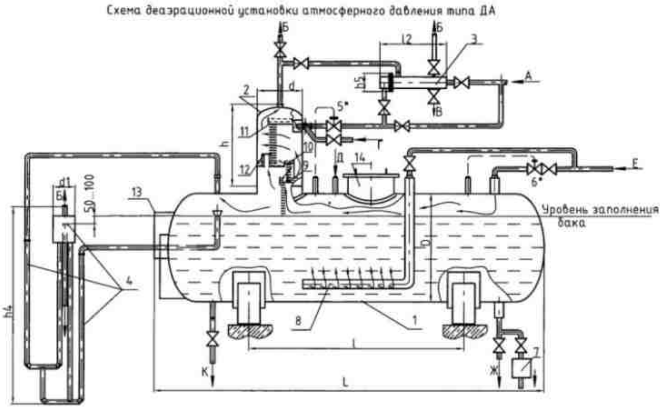


Рис. 1. Схема деаэрационной установки типа ДА-15/4:

1 - бак деаэраторный; 2 - колонка деаэрационная; 3 - охладитель выпара; 4 - устройство предохранительное; 5 - регулятор уровня; 6 - регулятор давления; 7 - холодильник отбора проб; 8 - барботажное устройство; 9 - барботажная тарелка; 10 - перепускная тарелка; 11 - верхняя тарелка; 12 - пароперепускное устройство; 13 - указатель уровня; 14 - люк-лаз

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 16860-88. Деаэраторы термические. Типы, основные параметры, приемка, методы контроля. М.: Изд-во стандартов, 1989.

2. *Шарапов В.И.* Термические деаэраторы / В.И. Шарапов, Д.В. Цюра. Ульян. гос. техн. ун-т, 2003. 560 с.

3. *Оликер И.И.* Термическая деаэрация воды в отопительно-производственных котельных и тепловых сетях [Текст] / И.И. Оликер. Л.: Стройиздат, 1972. 137 с.
4. РД 34.40.101. Руководящие указания по проектированию термических деаэрационных установок питательной воды котлов. Изд-во Энергия, 2014.

УДК 622.692.23:620.194.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСТУПА ОКРАЙКИ НА НДС РЕЗЕРВУАРА

Н.С. Еремеев, И.С. Гуданов

Научный руководитель – И.С. Гуданов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье описано построение конечно-элементной модели стального цилиндрического резервуара объемом 20 000 м^3 для хранения нефтепродуктов в программном комплексе Autodesk Inventor Professional 2018. На основании созданной трехмерной модели проведен расчет напряженно-деформированного состояния стенки резервуара под действием нагрузки давления от столба жидкости.

***Ключевые слова**: резервуар, напряжение, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов, днище, окрайка*

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE VELVET STAND ON THE TANK VALVE

N.S. Eremeev, I.S. Gudanov

Scientific Supervisor – I.S. Gudanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article describes the construction of a finite element model of a steel cylindrical tank with a volume of 20000 m^3 for oil products storage in the Autodesk Inventor Professional 2018 software complex. Based on the created three-dimensional model, the stress-strain state of the reservoir wall is calculated under the action of the pressure load from the liquid column.

***Keywords**: the tank, tension, intense the deformed condition, finite element method, bottom, dressing.*

Величина выступа окрайки в основном варьируется в интервале 15-150 мм, хотя известны случаи, когда выступ окрайки РВС-20000 со-

ставлял 300 мм. На некоторых объектах эта величина меняется по контуру, иногда образуется дефект типа «ступенька»

Для резервуаров согласно [1] величина выступа окрайки за стенку резервуара необходимо назначается интервал 50 – 100 мм, при этом выступ должен быть одинаковым по всему контуру.

Изменение величины выступа окрайки в границах контура нижнего узла резервуара существенно изменяет общее напряженно-деформированное состояние конструкции. В таком случае появляются зоны изгибных напряжений даже при обычных сливо-наливных операциях, при этом точное место их появления достаточно проблематично обнаружить.

Основная задача работы определить, как величина выступа влияет на НДС резервуара.

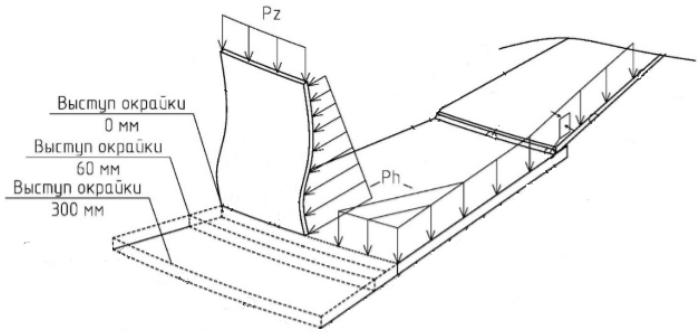


Рис. 1. Расчётная схема

Pz – суммарная нагрузка от собственного веса стенки резервуара; Ph – гидростатическая нагрузка на стенку, днище и окрайку резервуара.

Для исследования влияния выступа окрайки на НДС резервуара выполнено 3 расчета со значениями выступа окрайки:

– 0 мм (недостаточный);
– 60 мм (нормативный);
– 300 мм (увеличенный).

На изображениях рис. 2 – 4 представлены полученные действующие напряжения в конструкции РВС-20000.

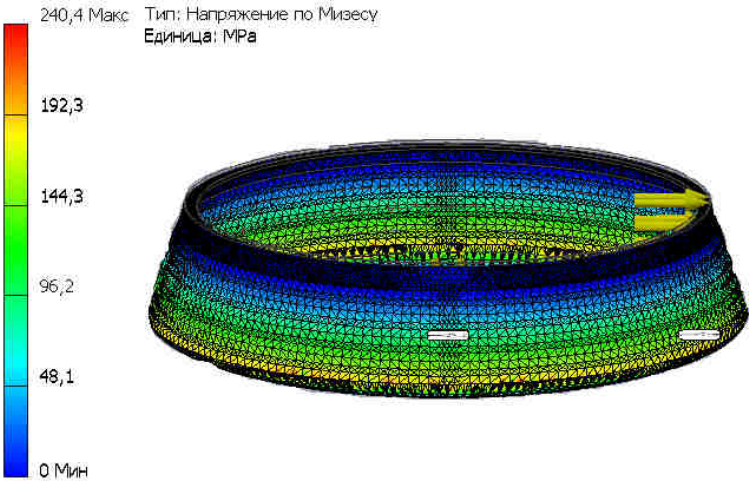


Рис. 2. Действующие напряжения при выступе окрайки 0 мм

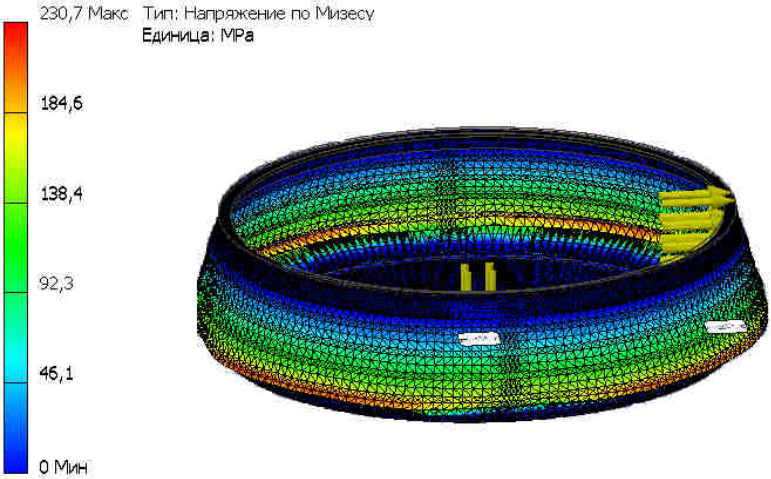


Рис. 3. Действующие напряжения при выступе окрайки 60 мм

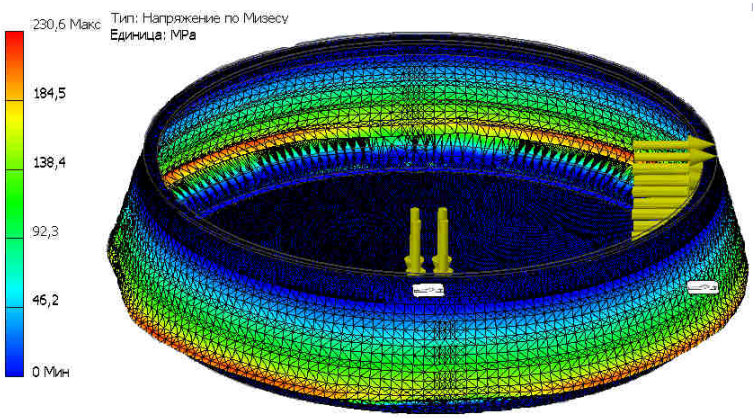


Рис. 4. Действующие напряжения при выступе окрайки 300 мм

Результаты расчетов позволяют сделать вывод, что выступ окрайки 60 мм для РВС-20000 обеспечивает наименьшие значения напряжений в конструкциях резервуара, максимальные действующие эквивалентные напряжения в стенке в этом случае равны $\sigma_{экв}$ = 230,7 МПа. В случае когда выступ окрайки равен 0 мм напряжение принимают значение 240,4 МПа, что больше случая с выступом 60 мм. В случае с выступом окрайки 300 мм действующие эквивалентные напряжения равны $\sigma_{экв}$ = 230,7 МПа, но использовать такой выступ как экономически так и практически не рентабельно. На основании анализа НДС резервуара, выполненного с использованием метода конечных элементов, автором подтверждается, что нормативный выступ окрайки величиной 60 мм является оптимальным как при реконструкции и ремонте существующих, так и при строительстве новых резервуаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПБ 03-605-03. Правило устройства стальных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов. М., 2003.
2. РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04. Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 м^3.
3. СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия.

УДК 678.057.3

О СОЭКСТРУЗИИ КОЛЬЦЕВЫХ ПРОФИЛЕЙ

А.В. Седов, И.С. Гуданов

Научный руководитель - И.С. Гуданов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Изучаются особенности процесса стратифицированного течения резиновых смесей, а также даются рекомендации по расчету и проектированию соэкструзионного оборудования.

Ключевые слова: *течение резиновых смесей, экструзионная головка, распределение скоростей.*

ON THE COEXTRUSION OF ANNULAR PROFILES

A.V. Sedov, I.S. Gudanov

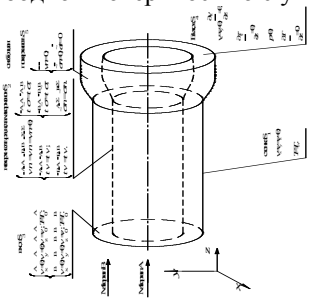
Scientific Supervisor - I.S. Gudanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The peculiarities of the stratified flow of rubber mixtures are studied and recommendations on the calculation and design of co-extrusion equipment are given.

Keywords: *rubber mixture flow, extrusion head, velocity distribution.*

Рассмотрим трехмерное стратифицированное неизотермическое течение двух вязкоупругих жидкостей в цилиндрическом канале и области со свободной поверхностью с учетом движущейся кабельной жилы.



Для анализа стратифицированного течения вязкоупругих жидкостей необходимо решить систему уравнений сохранения совместно с реологическими уравнениями состояния для каждой жидкости с учетом допущений и граничных условий.

В качестве реологического уравнения состояния используется модель Максвелла с верхней конвективной производной (Максвелла-Б), имеющая следующую запись:

$$\tilde{\tau} + \lambda \cdot \overset{\nabla}{\tilde{\tau}} = 2\mu\widetilde{D},$$

где $\lambda=\mu/G$ – время релаксации, показывающее, что при прекращении движения напряжения уменьшаются как $\exp(-t/\lambda)$; μ – вязкость; G – модуль упругости; $\overset{\nabla}{\tilde{\tau}}$ – верхняя конвективная производная тензора экстра-напряжений; $\widetilde{D}$ – тензор скорости деформации;.

Конвективная производная тензора экстра-напряжений:

$$\overset{\nabla}{\tilde{\tau}} = \frac{\partial\tilde{\tau}}{\partial t} + \bar{v}\cdot\nabla\tilde{\tau} - (\tilde{\tau}\cdot\nabla\bar{v}^{\mathrm{T}} + \nabla\bar{v}\cdot\tilde{\tau}),$$

где $\nabla\bar{v}$ – градиент вектора скорости; верхний индекс «^{T}» – операция транспонирования.

Тензор скорости деформации:

$$\widetilde{D} = 0{,}5(\nabla\bar{v} + \nabla\bar{v}^{\mathrm{T}}).$$

Вязкость зависит от температуры и определяется из соотношения Аррениуса:

$$\mu = \mu_0 \exp\big(-\beta(T - T_0)\big),$$

где μ_0 – вязкость при температуре T_0,β – температурная константа материала.

Рассмотрим результаты численного моделирования течения резиновых смесей в формующей головке другой типовой конструкции. На рис. 1 представлены распределения результирующих скоростей в продольном сечении кабельной головки ТНХ 35-75 фирмы Maillefer. Исходные данные: радиус кабельной жилы $r_{каб}$=0,0075 м; толщина внутреннего слоя изоляции h_A=0,0025 м, то же для наружного слоя h_{B}=0,0012 м; производительность экструдера для внутреннего слоя – 313 кг/ч, то же для наружного слоя – 108 кг/ч; скорость движения кабельной жилы – $v_{каб}$=0,015 м/с.

Анализируя результаты гидродинамических расчетов можно отметить значительную деформацию граничной поверхности раздела материалов в области схождения питающих каналов (фиолетовая линия – требуемый размер, красная линия – результат прогнозирования на основе численного расчета), что вызвано неравномерностью распределения результирующих скоростей по сечению. Так, в зоне совместного течения на границе раздела материалов наблюдаются максимальные значения суммарной скорости (0,044 м/с). Подобное распределение очевидно определяется геометрическими особенностями канала для подачи наружного

слоя изоляции, в результате чего поток расплава полимера несколько раз меняет направление своего движения в процессе экструзии.

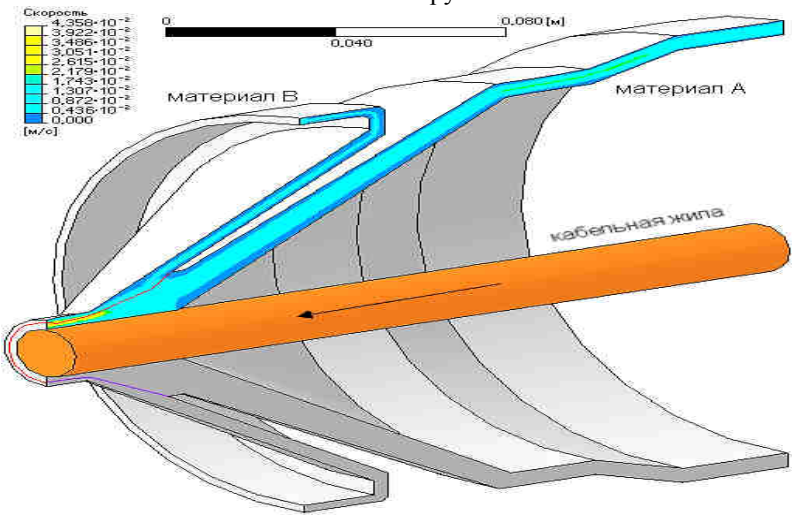


Рис. 1. Распределение результирующих скоростей в продольном сечении кабельной головки Maillefer THX 35-75

При исследовании процесса формования резиновых смесей в сложнопрофильных каналах кольцевых головок важным является характер распределения температур в области совместной деформации полимеров. Данный параметр оказывает существенное влияние на качество выпускаемого изделия, поскольку локальные приросты температуры могут приводить к преждевременной вулканизации (подвулканизации) резиновых смесей и, как следствие, нежелательному фиксированию положения границы раздела материалов до выхода потока из экструзионной головки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Dooley J.* Viscoelastic flow effects in multilayer polymer extrusion: Ph. D. Thesis / Dooley Joseph. Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2002. 134 p.
2. *Huntington B.A.* Distortion of interfaces in a multilayer polymer co-extrusion feedblock / B.A. Huntington, E. Chaberts, S. Rahal, J. Patz, J. Silva, P. Harris, J. Maia, R.T. Bonnecaze // Intern. polymer processing. 2013. XXVIII. I. 3. P. 1-7.
3. *Gupta M.* Viscoelastic simulation of bi-layer coextrusion in a square die: an analysis of viscous encapsulation [Электронный ресурс] / M. Gupta // Plastics

УДК 628.511

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ ПУТЕМ УВЕЛИЧЕНИЯ МЕЖЭЛЕКТРОДНОГО РАССТОЯНИЯ

Н.Д. Тарасов, И.С. Гуданов

Научный руководитель – И.С. Гуданов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Показан обзор рекомендаций по обеспечению равномерного распределения газового потока в электрофильтре путем изменения межэлектродного расстояния.

Ключевые слова: *электрофильтр, газовый поток, электрод, металлоемкость.*

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF RECONSTRUCTION OF ELECTROSTATIC PRECIPITATORS BY INCREASING THE INTERELECTRODE DISTANCE

N.D. Tarasov, I.S. Gudanov

Scientific Supervisor – I.S. Gudanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

An overview of recommendations for ensuring uniform distribution of the gas flow in the electrostatic precipitator by changing the interelectrode distance is presented.

Keywords: *electrostatic precipitator, gas flow, electrode, specific amount of metal.*

Для очистки технологических газов от вредных пылей многие ответственные отрасли промышленности (теплоэнергетика, металлургия, промышленность строительных материалов и др.) традиционно применяют электрофильтры. Эти аппараты позволяют осуществлять высокоэффективную очистку больших объёмов запылённых потоков в течение длительного времени и с минимальными затратами на эксплуатацию. В связи с ужесточением требований к количеству пыли в газах после очи-

стки, возникает необходимость в реконструкции действующих электрофильтров для повышения их эффективности. Учитывая, что строительство новых газоочистных установок требует значительных финансовых затрат, целесообразней осуществлять реконструкцию на имеющейся площадке и постаментах. Осуществление реконструкции простым увеличением габаритов аппарата по высоте, не смотря на значительные материальные затраты, не всегда позволяет достигнуть требуемого эффекта. В этих ситуациях реконструкция возможна лишь с применением новых технических и конструктивных решений и идей, т.е. путём модернизации, соответственно при разработке новых технических решений по реконструкции электрофильтров следует учитывать следующие общемировые тенденции по развитию электрической очистки газов, а именно:

- увеличение межэлектродного расстояния. Данное мероприятие позволяет существенно снизить металлоемкость при сохранении эффективности очистки;
- увеличение активного объёма аппарата.
- применение специальных коронирующих элементов.
- применение современных источников питания и систем автоматизации.

Увеличение межэлектродного расстояния

Увеличение межэлектродного расстояния обеспечивает сохранение эффективности очистки и снижение массы механических конструкций. При реконструкции электрофильтров это позволяет для повышения эффективности очистки осуществлять наращивание корпуса и увеличение высоты электродных систем без существенного возрастания нагрузок на опорные конструкции, которые стараются сохранить после предварительного обследования и, при необходимости, усилить. Однако с увеличением межэлектродного расстояния снижается долговечность механических конструкций электрофильтров. Нарастание перед встряхиванием оптимального слоя пыли на пластинах электродов осуществляется за меньшее время, что предполагает более частое ударное воздействие. При одинаковых разрушениях или повреждениях механических конструкций с увеличением межэлектродного расстояния большая часть активного объёма электрофильтра теряет свою эффективность очистки. Последний вывод подтверждается логарифмически нормальной закономерностью появления разрушений и повреждений, т.е. не зависящей от количества однотипных конструкций. Для повышения долговечности предлагается применение при реконструкции электрофильтров только новых, подтверждённых научными исследованиями, испытаниями и практикой технических решений. В настоящее время широкое использование в различных производствах находят электрофильтры с межэлектродным расстоянием 400 мм (Рис.1) типа ЭГБ1М (модификация аппарата ЭГБМ). Выбор

этого расстояния для реконструкции аппаратов основан на результатах исследования по влиянию соотношения разрядного расстояния и расстояния в ряду между коронирующими игольчатыми элементами на эквивалентную напряжённость поля. В аппаратах с межэлектродным расстоянием 400 мм это соотношение равно 1,17, что находится в оптимальном диапазоне соотношения (1,0÷1,25). В данном аппарате нашли применение коронирующие элементы ленточно-игольчатого повышенной надёжности и ленточно-зубчатого типа с ориентацией иголок как в направлении осадительного электрода, так и в плоскости электрода. Иголки в таких элементах располагаются строго по оси и равноудалены от выступов осадительного электрода. Для питания полей электрофильтров типа ЭГБ1М током высокого напряжения используются агрегаты питания фирмы KRAFT (Швеция) – ведущего европейского производителя.

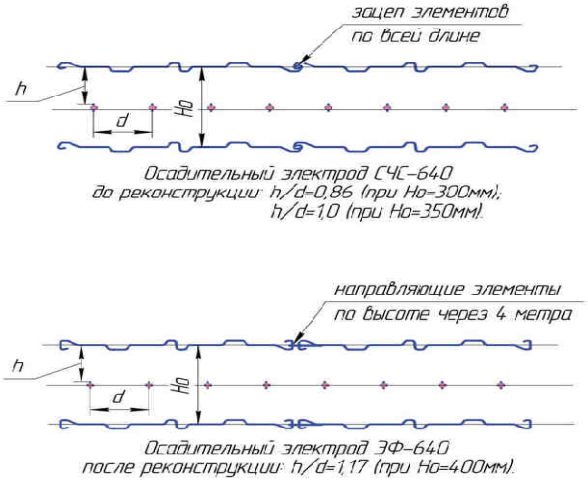


Рис. 1. Электрофильтр с межэлектродным расстоянием 400 мм типа ЭГБ1М

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Смирнов Д.Е.* Экотехника. Аппаратура процессов очистки промышленных газов и жидкостей: учебное пособие / Д.Е. Смирнов [и др.]; под общ. ред. Л.В. Чекалова, А.В. Сугака. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2013. 180 с.

2. *Гузаев В.А.* Экологический вестник России. Реконструкция электрофильтров на базе современных технических решений. / В.А. Гузаев [и др.]. Москва: Изд-во Москва, 2012. 46 с.

УДК 66.02

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ РЕАКЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ УСТАНОВОК АЛКИЛИРОВАНИЯ

А.Ю. Тимонин, И.С. Гуданов

Научный руководитель – И.С. Гуданов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается проблема анализа причин возникновения дефектов реакторов установок алкилирования.

***Ключевые слова**: алкилирование, реактор, дефект, коррозия.*

ANALYSIS OF CAUSES OF DEFECTS OF REACTION EQUIPMENT FOR ALKYLATION SETTINGS

A.Yu. Timonin, I.S. Gudanov

Scientific supervisor – I.S. Gudanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The problem of analyzing the causes of defects in reactors of alkylation plants is considered.

***Keywords**: alkylation, reactor defect, corrosion.*

Алкилирование – кислотно-каталитический процесс, обратный по своей сути каталитическому крекингу, направленный на получение высокооктановых компонентов автомобильного бензина из непредельных углеводородных газов. Увеличение молекулярной массы исходного углеводородного сырья происходит в присутствии катализатора – концентрированной серной кислоты. Последняя в случае разбавления является сильнейшим коррозионным агентом. Несмотря даже на самую качественную подготовку сырья, возможно занесение примесей воды в реактор. В частности допускается снижение концентрации серной кислоты до 89%, т.к. при дальнейшем снижении будет уменьшаться скорость целевой реакции.

Оборудование, предназначенное для реализации процесса алкилирования – емкостные реакторы, которые обеспечивают контакт реаги-

рующих фаз струйным или механическим смешением. Наибольшее применение на НПЗ нашли контакторы с пропеллерным насосом и каскадные реакторы. Рассматривая последние стоит упомянуть, что основой каждого каскада является смеситель. Он представляет собой ряд концентрично расположенных цилиндрических обечаек (кожух, корпус, обтекатель), по центру которых вращается вал с пропеллерной мешалкой.

Данные конструкции были введены в эксплуатацию еще в конце 90-х годов XX века и с тех пор не модернизировались. Данные реакторы имеют небольшой межремонтный пробег и опыт их эксплуатации выявил целый ряд недостатков.

Основные причины возникновения дефектов оборудования:

1) Коррозионный износ штуцеров, днищ, обечаек, внутренних элементов аппаратов, связанный с коррозионной активностью продуктов и веществ, применяемых на установке.
2) Эррозионный износ элементов аппаратов и трубопроводов, связанный с большими скоростями направленных потоков жидкости.
3) Выход из строя подшипников насосно-компрессорного оборудования по причинам: недостаточной смазки или применения масла не соответствующего требованиям ТУ и инструкции по эксплуатации; повышенного уровная вибрации, связанного с некачественной центровкой агрегата, дисбаланса ротора, нарушения посадок подшипников на валах и крышках.
4) Выход из строя торцевых уплотнений насосно-компрессорного оборудования по причинам механического износа графитовых колец пар трения, износа и потери эластичности уплотнительных резиновых колец вследствие воздействия агрессивных сред. Надир графитовых колец вследствие попадания с перекачиваемым продуктом механических примесей.

Для предупреждения возникновения дефектов необходимо вести технологический процесс в соответствии с нормами и правилами, указанными в технологическом регламенте и инструкциях. Оборудование, наиболее подверженное коррозионному износу (аппараты, трубопроводы, корпуса насосов и компрессоров) своевременно должны подвергать внутреннему осмотру и толщинометрии. Подготовку к ремонту оборудования, работающего с концентрированной кислотой, не допускается промывать водой без нейтрализации щелочью.

Перечисленные выше меры являются стандартными по отношению к оборудованию такого рода. Повысить надежность работы оборудования можно проведя анализ причин образования дефектов. Наиболее характерные дефекты приведены на рис. 1.

Рис. 1. Дефекты смесителя

Локальное проявление сквозной коррозии свойственно для участков с застойными зонами и областей с низкой интенсивностью циркуляции кислоты. Анализируя структуру потоков в смесителе реактора, можно заключить, что застойными зонами являются области между валом и обтекателем вблизи нижнего подшипника (рис. 2). Предлагается повысить турбулентность в них за счет подачи охлаждающего изобутана в соответствии с приведенной схемой на рис. 3.

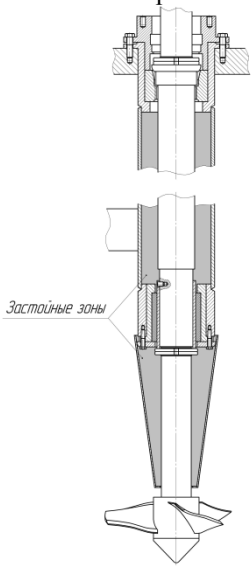


Рис. 2. Застойные зоны в обтекателе смесителя реактора

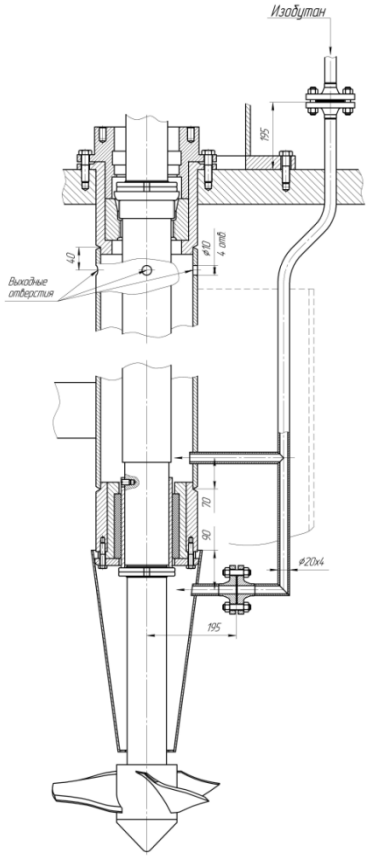


Рис. 3. Узел подачи изобутана к нижнему подшипнику

Данное техническое предложение не только решает вопрос повышения надежности оборудования, но и его эффективности за счёт более качественного охлаждения реакционной смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дорогочинский А.З.* Сернокислотное алкилирование изопарафинов олефинами / А.З. Дорогочинский, А.В. Лютер, Е.Г. Вольпова. М.: Химия, 1970. 216 с.
2. *Бадикова А.Д.* Усовершенствование процесса сернокислотного алкилирования изоалканов олефинами: дис. ... канд. техн. наук. 2000. 157 с. 61 01-5/685-9.

УДК 621.717

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ТРУБЧАТОЙ ПЕЧИ ПОДОГРЕВА МАЗУТА

А.Д. Башков, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются конструктивные особенности и принцип работы трубчатой печи для подогрева мазута установки АВТ на нефтеперерабатывающих предприятиях.

Ключевые слова: *трубчатая печь, мазут, радиантная часть, конвекционная часть.*

TUBE FURNACE HEATING OIL INSTALLATION OF VACUUM DISTILLATION OF CRUDE OIL

A.D. Bashkov, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – A.E. Lebedev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines a tube furnace for heating oil of atmospheric and vacuum distillation unit (atmospheric and vacuum piping) for refinery, principle of operation.

Keywords: *tube furnace, oil, radiant part, the convection section.*

Трубчатая печь является одной из основных установок на нефтеперерабатывающих заводах. Они предназначены для передачи нагреваемому продукту, тепла, выделяющегося при сжигании топлива в топочной камере печи.

Основными характеристиками трубчатых печей являются:

1) производительность печи - количество сырья нагреваемое в трубных змеевиках в единицу времени;

2) полезная тепловая нагрузка-количество тепла переданного в печи сырью (МВт или Гкал/ч),она зависит от тепловой мощности и размеров печи;

3) коэффициент полезного действия печи- экономичность ее эксплуатации, выражается отношением количества полезно используемого тепла к общему количеству тепла, которое выделяется при полном сгорании топлива.

Наибольшее практическое применение на НПЗ получили радиантно-конвекционные печи (рис.1, 2). Они имеют 2 отделенные друг от друга секции [1].

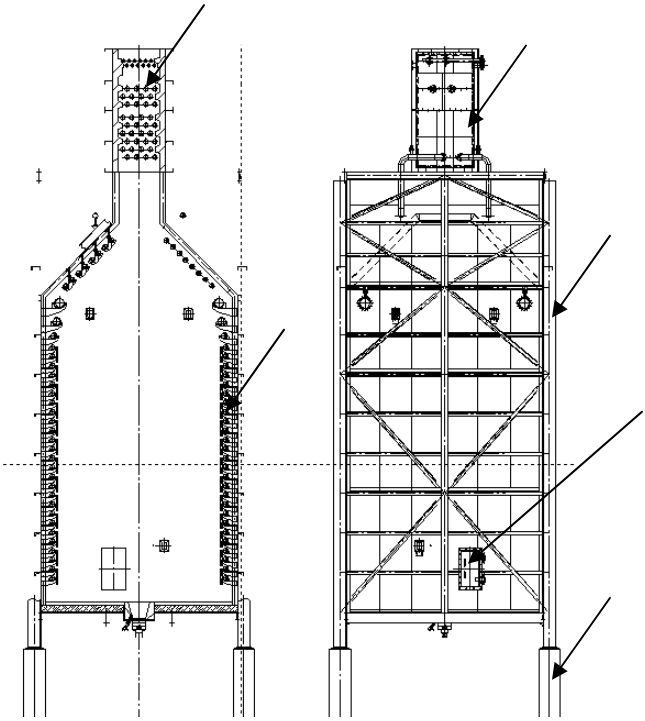


Рис. 1. Трубчатая печь:
1 - конвекционная часть, 2 - радиантная часть, 3 - змеевик конвекционной части, 4 - змеевик радиантной части, 5 - люк-лаз, 6 - опора

В радиантной секции – тепло передается за счет радиационной теплопередачи, путем поглощения лучистого тепла. В конвекционной секции тепло передается за счет конвективной передачи тепла, путем омывания поверхности труб дымовыми газами.

Внутри печи расположен многократно изогнутый стальной трубопровод-змеевик, по которому непрерывно прокачивается нагреваемая смесь. Смесь подается в конвекционную секцию, после чего проходит радиантную секцию.

Жидкое и газообразное топливо сжигают в горелках радиантной камеры. В результате повышается температура дымовых газов и светящегося факела, представляющего собой раскаленные частицы горящего топлива. Тепловые лучи падают на наружные поверхности труб и внутренние поверхности стен радиантной камеры печи. Нагретые поверхности стен, в свою очередь, излучают тепло, которое также поглощается поверхностями радиантных труб. Большая часть используемого тепла передается в радиантной секции, остальное- в конвекционной секции. Дымовые газы проходят конвекционную секцию, омывают находящиеся там трубы, отдавая тепло. Эффективность передачи тепла конвекцией, обусловлена скоростью движения дымовых газов.

Пройдя конвекционную камеру, дымовые газы уходят в дымовую трубу.

Печь представляет собой сдвоенный блок из двух печей вертикально-факельного типа, объединенных общей дымовой трубой установленной на потолочной раме. Каркас каждой из печей, входящих в блок, выполнен в виде шести пролётной пространственной конструкции, состоящей из П-образных рам, установленных на фундаментные опоры и связанных между собой сводовой и подовой рамами. Каркасы обеих печей связаны горизонтальными балками по высоте радиантных камер, торцовыми балками и потолочной рамой. Дымовая труба с шибером устанавливается на потолочную раму.

Все сырьевые змеевики – горизонтального типа. Радиантный и конвективный змеевики каждой печи входящей в блок- четырех поточные. Радиантные змеевики размещены вдоль фронтальных стен радиантных камер, по одному потоку с каждого фронта. Направление потока– сверху вниз.

Обмуровка выполнена в форме панелей. Каждая панель состоит из короба-лист 5мм усиленный ребрами жесткости с бортами, заполняемого легким жаростойким бетоном, приготовляемого из сухой смеси на высокоглиноземистом цементе с вермикулито-керамзитовым наполнителем. Короба герметично по периметру сварены между собой и с каркасом.

В каждой печи установлены по 12 газомазутных горелок. На каждой основной горелке, установлены сигнализаторы наличия пламени и постоянно действующая пилотная горелка. На фронтальных стенах установлены по 12 гляделок, по числу горелок. С каждого торца каждой печи блока, расположены двери-лазы и по два взрывных клапана-взрывных окна.

В таблицах 1 и 2 представлены состав топлива в массовых процентах и результаты расчета топочных газов.

В ходе расчетов [3] процесса горения были определены следующие параметры:

Теплота сгорания - $Q_р^н$ = 49040 кДж/кг

КПД = 0,78

Полная тепловая нагрузка $Q_т = 57840$ кВт

Расход топлива - 4701кг/ч

Таблица 1. Состав топлива в массовых процентах [2]

Компоненты	Молекулярная масса, M_i	Мольная (объёмная) доля, r_i	$M_i r_i$	Массовый %, R_i
CH_4	16	0,980	15,680	95,84
C_2H_6	30	0,003	0,090	0,55
C_3H_8	44	0,002	0,088	0,54
н-C_4H_{10}	58	0,001	0,058	0,35
CO_2	44	0,003	0,132	0,84
N_2	28	0,011	0,308	1,88
Сумма	-	1,000	$M_г$=16,36	100,0

Таблица 2. Результаты расчета топочных газов

Т,К	273	300	500	700	1100	1500	1900
$q_т$, кДж/кг	0	561	4807	9260	18837	29070	40048

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бахшиян Ц.А.* Трубчатые печи / Ц.А. Бахшиян, С.И. Бабушкина. М.: Издательство Химия, 1969. 312 с.

2. *Ентус Н.Р.* Ремонт и эксплуатация трубчатых печей нефтезаводов / Н.Р. Ентус, О.Г. Осинина. Москва: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы,1960. 60 с.

3. *Таранов М.А.* Технологические расчеты установок переработки нефти:Учеб. пособие для вузов / Таранов М.А., Ахметишина М.Н. и др. М.: Химия,1987. 352 с.

УДК 665

РАЗРУШЕНИЕ СТОЙКИХ ЭМУЛЬСИЙ МЕТОДОМ РАСПЫЛЕНИЯ

Д.Н. Баранов, А.Е. Лебедев

Научный руководитель - А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ существующих способов разрушения нефтяных эмульсий, выявлены достоинства и недостатки существующих методов, представлен новый способ разделения стойких эмульсий методом распыления.

***Ключевые слова**: разрушение эмульсий, стойкие эмульсии, деэмульгация, распыление.*

THE DESTRUCTION OF STABLE EMULSIONS BY SPRAYING

D.N. Baranov, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – A.E. Lebedev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State technical University

The paper presents the analysis of the existing methods of destruction of oil emulsions, advantages and disadvantages of existing methods and a new method of separation of persistent emulsions by spraying.

***Key words**: the destruction of emulsions, stable emulsions, deemulsification, spraying.*

Проблема разделения стойких эмульсий в данное время решена не окончательно. Существующие способы деэмульгации обладают рядом недостатков такими как высокая стоимость, энергозатраты и длительность процесса.

Основными методами разделения эмульсий в промышленности являются химические, термические, механические (осаждением под действием силы тяжести или центробежных сил) и электрические.

Иногда с целью повышения эффективности используют комбинацию нескольких методов одновременно.

Практически все методы разделения эмульсий основаны на трех основных принципах: использование природного расслоения эмульсии в поле сил гравитации, снижение вязкости нагреванием или добавлением деэмульгатора; интенсификация расслоения эмульсии за счет применения гидродинамических коалесценторов или электрического поля.

Химическая обработка основана на разрушении эмульсий с помощью химических реагентов. Эффективность химического обезвоживания в значительной степени зависит от типа применяемого реагента.

Сущность термохимического метода заключается в том, что в обводненную нефть вводится деэмульгатор, хорошо перемешивается с ней. Метод имеет ряд недостатков (большие затраты на деэмульгатора и повышенный расход тепла).

Основная разновидность механических приемов обезвоживания нефти - гравитационное отстаивание. Аппараты для отстаивания дисперсной фазы (нефтеловушки, ловушки продукта, ловушки песка, отстойники, отделителей нефти, пруды-отстойники), имеют существенный недостаток – длительность отстаивания.

Электрические методы разрушения применяют когда капли заряжены или они электронейтральны, но приобретают дополнитель-ный дипольный момент, индуцируемый в постоянном или переменном электрическом поле. Происходит коалесценция диполей.

Разрушение эмульсий электрическими методами осуществляется специальными аппаратами. Недостатком такого метода является узкая применяемость (в основном в нефтепереработке) и сложностью конструкций аппаратов.

Таким образом, практически все существующие методы разделения эмульсий не являются идеальными и содержат ряд существенных недостатков.

Авторами данной работы предложен принципиально новый метод разделения стойких эмульсий методом тонкого и сверхтонкого распыления. Суть этого метода в следующем.

Стойкая трудноразделимая эмульсия из емкости подается насосом на вращающийся конусный распылитель малого диаметра и распыляется. В процессе тонкого распыла эмульсия распадается на комплексные капли (состоящие из двух исходных несмешивающихся жидкостей). Комплексные капли нестойки и под действием воздушных потоков и поверхностного натяжения распадаются на капли исходных жидкостей. Капли разделенных жидкостей оседают и уже не смешиваются.

Благодаря тому, что процесс разделения осуществляется в дисперсном состоянии, а в качестве рабочего органа разделителя применяется быстровращающаяся коническая насадка удается с минимальными затратами энергии и времени проведения процесса по сравнению с суще-

ствующими методами осуществлять достаточно качественное разделение стойких эмульсий на исходные жидкие среды.

Проведенный анализ существующих способов разрушения эмульсий выявил их главные недостатки и позволил разработать новый метод разделения. Можно сделать вывод, что предложенный способ разрушения стойких эмульсий лишен основного недостатка существующих методов деэмульгации – высоких затрат. С другой стороны производительность данного метода также удовлетворительна (особенно по сравнению с отстойниками). Поэтому данный метод можно считать одним из перспективных направлений в развитии технологии разрушения эмульсий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зимон А.Д.* Коллоидная химия. М.: Агар. 2001. 320 с.
2. *Фролов Ю.Г.* Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Химия, 1982. 400 с.
3. *Щукин Е.Д.* Коллоидная химия / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. М.: Высш. шк., 1992. 414 с.
4. *Воюцкий С.С.* Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984. 300 с.

УДК629.4016.12

КАВИТАЦИЯ В ВОДЯНЫХ НАСОСАХ И ПУТИ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ

М.К. Норматов

Научный руководитель – А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Кавитация в центробежных насосах является гидродинамическим явлением и зависит от гидродинамических качеств рабочих органов машины и физических свойств жидкости. Кавитация в насосах обычно начинается при падении давления до значения, равного или меньшего давления упругости насыщенного пара и сопровождается нарушением сплошности потока с образованием полостей, насыщенных паром и растворенными в жидкости газами.

Ключевые слова: *кавитация, перепад давления, насос, лопасть, пузырька, эрозия, давление*

CAVITATION IN WATER PUMPS AND WAYS FOR ITS SOLUTION

M.K. Normatov

Scientific Supervisor – A.E. Lebedev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Cavitation in centrifugal pumps is a hydrodynamic phenomenon and depends on the hydrodynamic qualities of the machine's working parts and the physical properties of the fluid. Cavitation in pumps usually begins when the pressure falls to a value equal to or less than the pressure of the saturated steam and is accompanied by a disruption in the continuity of the flow with the formation of cavities saturated with steam and dissolved in the liquid by gases.

Keywords: *cavitation, differential pressure, pump, blade, bubble, erosion, pressure*

Главный источник проблем с насосами - кавитация. Физически это явление объясняется тем, что в жидкости всегда присутствует какое-то

количество растворенного газа. При движении жидкости в ней могут возникать зоны разрежения. В результате выделяются пузыри. Попадая с потоком в зону более высоких давлений, пузыри схлопываются, выделяя энергию, которая разрушает поверхность рабочих колес.

В данной работе будем рассматривать неисправности лопастей водяного насоса по причине кавитационного разрушения.

Известно несколько видов кавитации:

а) пузырьковая;

б) в форме каверн ограниченного размера;

в) в форме обширных каверн.

Пузырьковая форма кавитации обычно развивается около лопастей, омываемых потоком без значительных градиентов давления, и происходит за счет возникновения и роста пузырьков, которые движутся вдоль лопасти колеса и затем разрушаются.

Если в потоке жидкости имеются местные зоны разрежения, тогда возникают связанные с ними и с обтекаемой потоком лопастью насоса каверны – стационарные полости, охватывающие часть лопасти рабочего колеса при его вращении.

При обширных кавернах занятые ими стационарные полости охватывают всю лопасть и замыкаются за ней. Наблюдения показывают, что такая форма кавитации при обтекании плоского крылового профиля начинается от его входной кромки. В хвостовой части каверна неустойчива, здесь от нее периодически отделяются участки различных размеров и форм, которые затем сносятся потоком и замыкаются.

Кавитационное разрушение материала насоса происходит из-за механического воздействия кавитирующего потока на материал. Циклический процесс разрушения одних каверн (или пузырьков) и образования новых заставляет колебаться хвостовую часть каверны на обтекаемой поверхности.

Степень кавитационного повреждения лопасти зависит от давления, при котором происходит разрушение каверн. Это явление сопровождается кавитационными гидравлическими ударами, приводящими материал лопасти к усталости.

Снижение абсолютного давления в проточной части насоса до давления упругости пара перекачиваемой жидкости, приводящее к кавитации, может быть общим для всей системы или местным. Общее падение давления может быть вызвано рядом причин:

- увеличением геодезической высоты всасывания или уменьшением подпора на всосе.
- снижением абсолютного давления в системе.
- ростом температуры перекачиваемой жидкости.

В условиях эксплуатации возникает необходимость регулирования подачи насосов. Регулирование может осуществляться двумя способами: изменением характеристики сети и изменением характеристики насоса.

К первому способу относится дроссельное регулирование, заключающееся в дросселировании потока жидкости с помощью задвижки на нагнетании насоса. Дросселировать поток на всасывающей стороне насоса не рекомендуется, так как это может привести к возникновению кавитации. Дросселирование потока с помощью регулирующей задвижки или клапана на нагнетании насоса является наиболее распространенным, простым и надежным способом регулирования подачи.

К первому способу относится дроссельное регулирование, заключающееся в дросселировании потока жидкости с помощью задвижки на нагнетании насоса. Дросселировать поток на всасывающей стороне насоса не рекомендуется, так как это может привести к возникновению кавитации. Дросселирование потока с помощью регулирующей задвижки или клапана на нагнетании насоса является наиболее распространенным, простым и надежным способом регулирования подачи.

Вторым способом регулирования производительности насоса воздействием на характеристику сети является байпасирование или перепуск части жидкости из напорной линии на всос.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Морозов Г.* Кавитационный износ деталей гидроагрегатов / Г. Морозов. М.: Мир транспорта, 2013. 6 с.

2. Sage Publishing [Электронный ресурс]. Режим доступа:

3. *Пилипенко В.В.* Кавитационные автоколебания и динамика гидросистем / В. Пилипенко. Москва.: Машиностроение, 1977 .

УДК 678.066: 621.3.083.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОРЕЗИНИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ НА ВАЛКОВЫХ МАШИНАХ

Д.В. Стенько, О.Е. Сабиров, В.П. Круглов

Научный руководитель – В.П. Круглов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлены результаты исследований процесса прорезинивания технических тканей на валковых машинах в процессе их производства.

***Ключевые слова**: листовые материалы, технические ткани, толщина, лазерные измерители, автоматизация производства.*

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF THRESHINING TECHNICAL TISSUE ON VOLCANO MACHINES

D.V. Stenko, O.E. Sabirov, V.P. Kruglov

Scientific Supervisor – V.P. Kruglov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The results of studies of the process of rubberizing technical fabrics on roller machines in the process of their production are presented.

***Keywords:** sheet materials, technical fabrics, thickness, laser measuring instruments, production automation.*

Одним из наиболее сложных технологических процессов производства резиновых технических изделий является процесс каландрования резиновых смесей, обрезинивания текстильных полотен и прорезинивания тканевых материалов при производстве полуфабрикатов для изготовления армирующих основ для палаток, надувных лодок и множества других изделий, необходимых для оборонной промышленности и для производства товаров народного потребления.

Принимая во внимание, что в настоящее время в Государственном реестре средств измерений [1] отсутствуют средства для измерения тол-

щины движущихся листовых материалов, для реализации функции измерения толщины движущегося резинотканевого полотна на выходе из каландрового агрегата были использованы лазерные измерители [2], расположенные на выходе из охлаждающего устройства производственной каландровой линии АО «Ярославль-Резинотехника» (рис. 1).

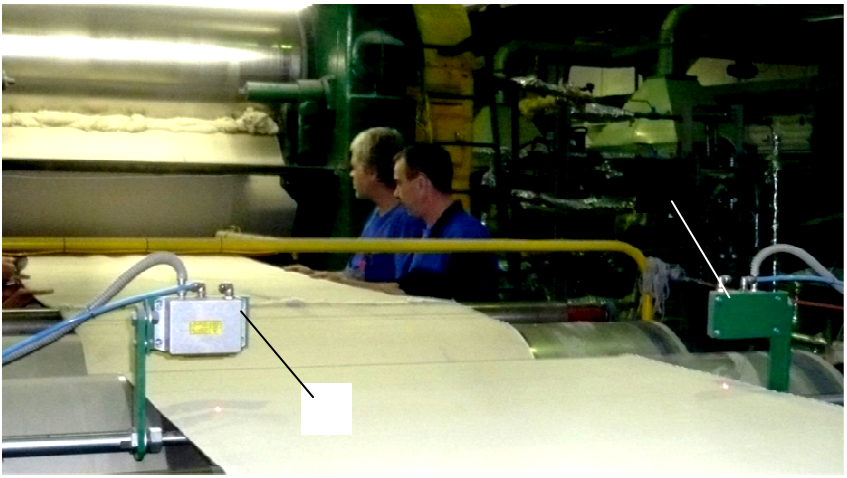


Рис. 1. Лазерные измерители, установленные на выходе из охлаждающего устройства каландрового агрегата:
1 – левый; 2 - правый

Данные, полученные в результате измерений толщины прорезиненных тканей по левому и правому краям (по ходу движения полотна), для различных номинальных толщин представлены на рис. 2-4.

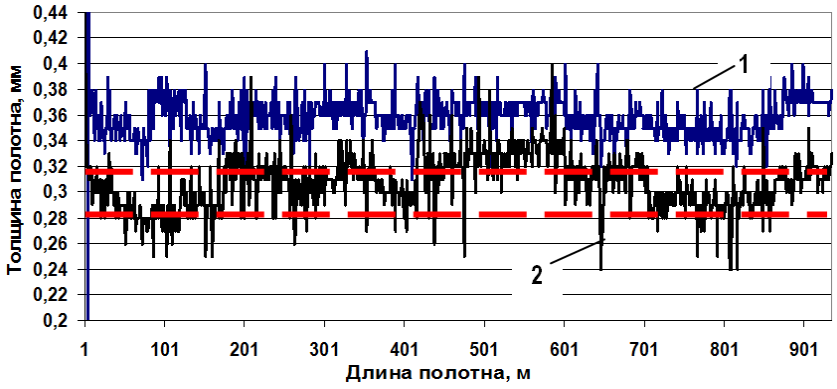


Рис. 2. Изменение толщины по длине полотна:
1 - левая сторона, 2 - правая сторона;
– – – поле допуска на требуемую толщину = 0,30-0,33 мм

Из графика, показанного на рис. 2, следует, что средняя толщина выпущенного полотна по правой стороне в основном соответствует установленному технологическим регламентом полю допуска 0,30-0,33 мм. Однако по левой стороне толщина полотна практически вся превышает величину верхнего предела почти в 2 раза.

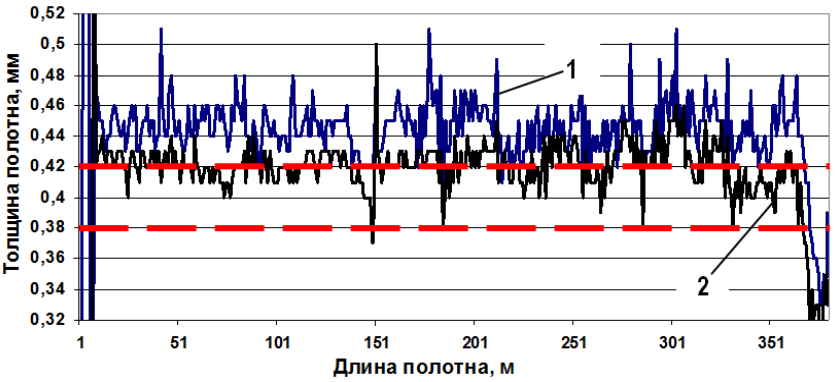


Рис. 3. Изменение толщины по длине полотна:
1 - левая сторона, 2 - правая сторона;
– – – поле допуска на требуемую толщину = 0,38-0,42 мм

Из представленного на рис. 3 графика следует, что толщина обоих краев полотна, изготовленного с полем допуска = 0,38-0,42 мм превышает верхний предел допускаемых размеров.

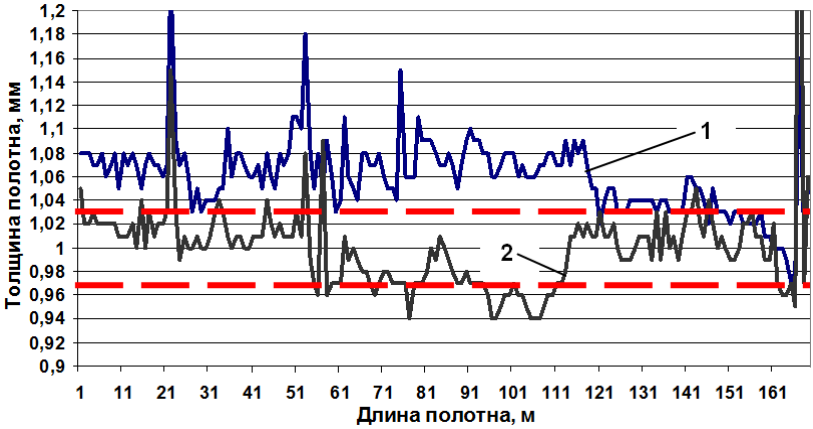


Рис. 4. Изменение толщины по длине полотна:
1 - левая сторона, 2 - правая сторона;
– – – поле допуска на требуемую толщину = 0,97-1,03 мм

Наиболее интересным представляется график (рис. 4) с номинальной толщиной прорезиненной ткани 1,00 мм и допуском = 0,97-1,03 мм. В начале он представляет собой конфигурацию графика, показанного на рис. 3, где средняя толщина правой стороны полотна практически соответствует верхнему значению допуска 1,03 мм, а левая превышает его ещё на 0,04 мм (т. е. более чем в 2 раза). Затем машинист каландра (очевидно, на 50-м метре длины полотна) включил механизм регулировки зазора правой стороны каландра и уменьшил толщину правой стороны полотна до минимума, т.е. до 0,97 мм. Далее (на 110-м метре) он последовательно увеличил её до среднего значения по номиналу – 1,00 м и уменьшил толщину левой стороны до верхнего значения поля допуска 1,03 мм. Таким образом, толщина обеих сторон полотна оказалась в поле допуска, установленного регламентом, только в конце рулона.

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Амплитуда колебаний толщины вырабатываемых продуктов, обусловленная скорее всего износом и биением рабочих поверхностей и шеек валков каландра, зачастую в 2-3 раза превышает допуски на толщину прорезиненных тканевых полотен, установленных технологическими регламентами. Отсюда следует, что рабочие

поверхности и шейки валков требуют дополнительной проточки и шлифования.

2. Из вышеизложенного следует также, что ручное управление механизмами регулировки зазоров каландрового агрегата не обеспечивает установленных технологическими регламентами нормативов требует введения в систему управления технологическим процессом дополнительных контуров автоматизированного управления электроприводами механизмов регулирования величин межвалковых зазоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный реестр средств измерений: Указатель. М.: Стандартинформ, 2007. 517 с.

2. *Стенько Д.В.* Промышленные испытания лазерных устройств для измерения толщины движущихся листовых материалов / Д.В. Стенько, О.Е. Сабиров, В.П. Круглов // 70-я Всерос. науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и студентов с междунар. участием / ЯГТУ. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. С. 172-175.

УДК 678.066:621.3.083.92

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ, ДЛИНЫ И СКОРОСТИ ОБРЕЗИНЕННОГО КОРДА В ПРОЦЕССЕ КАЛАНДРОВАНИЯ

К.В. Минеев, Е.А. Махова, В.П. Круглов

Научный руководитель – В.П. Круглов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлены результаты исследований работы устройства для измерения технологических параметров обрезиненного корда в процессе каландрования

***Ключевые слова**: каландр, обрезиненный корд, толщина, длина, скорость, измерения, автоматизация.*

STUDY OF OPERATION OF THE DEVICE FOR MEASURING THICKNESS, LENGTH AND SPEED OF RUBBERIZED CORD IN CALENDERING PROCESS

K.W. Mineev, E.A. Makhova, V.P. Kruglov

Scientific Supervisor – V.P. Kruglov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The results of studies of operation of the device for measuring the technological parameters of rubberized cord during the calendering process are presented.

***Keywords:** calender, rubber cord, thickness, length, speed, measurement, automation.*

Измеритель толщины, длины и скорости (ТДС) движущихся листовых материалов построен на базе числоимпульсных датчиков угловых перемещений (энкодеров), один из которых устанавливается на измерительном ролике, а другой – на обводном валу каландровой линии [1].

Структура программно-технического комплекса ПТК ТДС и его привязки к действующему оборудованию представлены на рис. 1.

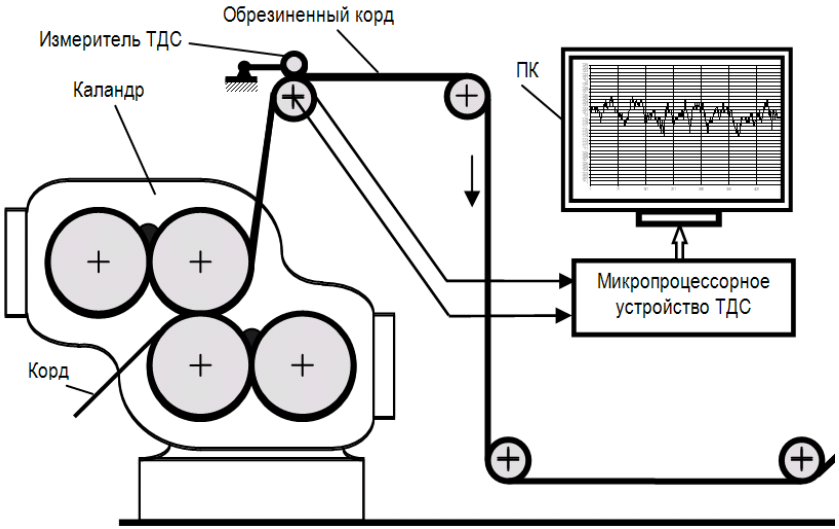


Рис. 1. Автоматизированная система измерения толщины, длины и скорости обрезиненного корда на участке каландрования

Контактирующий с движущимся резинокордным полотном измерительный ролик свободно "катится" по первому обводному валу на выходе из каландра (рис. 2).

Последовательность импульсов, поступающих с энкодеров на микропроцессорное устройство, просчитывается по специальному алгоритму и передается на персональный компьютер (ПК). На ПК производится дальнейшая обработка результатов с учетом информации о физических параметрах элементов системы измерения, в том числе диаметрах измерительных роликов и температурном коэффициенте расширения.

Результатом обработки является расчетная толщина материала, а также его длина и скорость движения, которые выводится на дисплей панельного ПК, а также сохраняются в файлах базы данных для дальнейшего анализа (рис. 3).

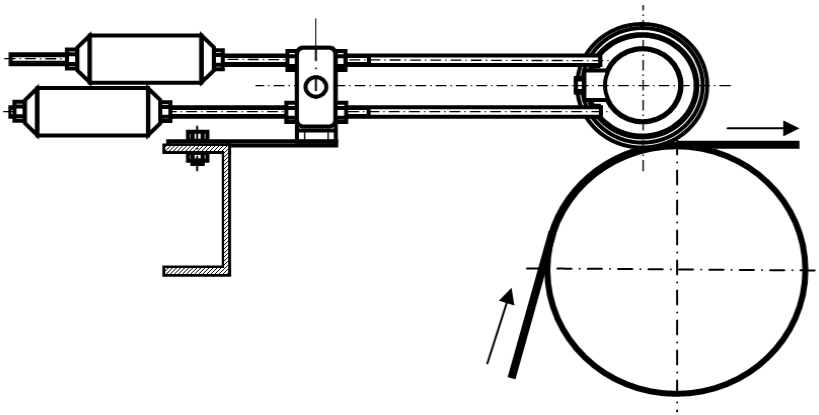


Рис. 2. Схема установки измерительного устройства на выходе из каландра

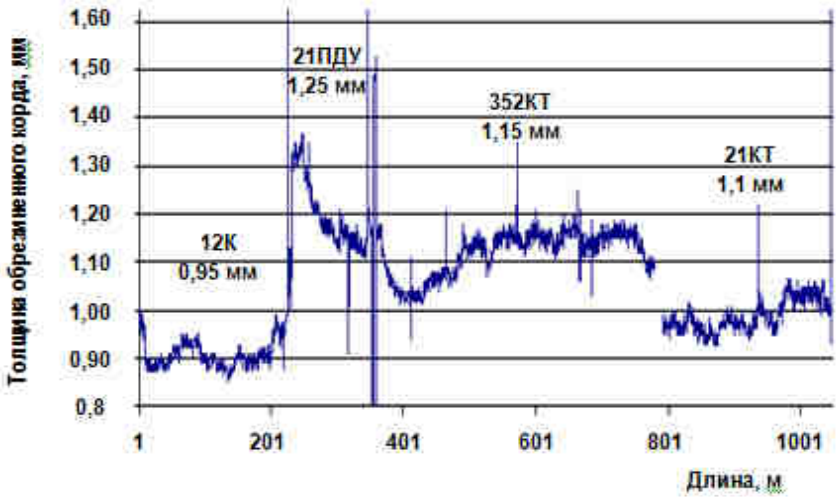


Рис. 3. Результаты измерения текущей толщины резинокордных полотен для различных марок корда и номинальных толщин в течение одной смены

Анализ результатов проведенных исследований опытного образца системы и систематизация причин погрешности измерений при различ-

ных технологических режимах переработки материалов дает возможность утверждать, что разработанная автоматизированная система контроля, обработки и представления полученной информации в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым технологическим персоналом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2180132. Российская Федерация. Устройство для контроля и регулирования толщины движущихся листовых материалов. Опубл. 27.02.02; Бюл. № 6. 5 с.

СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И НЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРАХ»

УДК 621.3.049.75:655.226.43:004.94

ДУАЛЬНЫЙ МЕТОД ВИЗУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЗКОПОЛОСНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ КОМПЛЕКСНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПЕЧАТНОЙ 3D ЭЛЕКТРОНИКИ

В.С. Толстопятов, Д.И. Абдулназаров, А.В. Печаткин

Научный руководитель – А.В. Печаткин, канд. техн. наук, заведующий кафедрой радиоэлектронных и телекоммуникационных систем

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева

Рассматриваются вопросы использования взаимодополняющих инструментов оперативного аналитического и графического расчёта и моделирования с помощью системы MathCAD и электронной диаграммы Вольперта-Смита в процессах проектирования цепей согласования СВЧ устройств, реализованных с помощью перспективных аддитивных технологий.

Ключевые слова: *цепи согласования, трансформаторы комплексных сопротивлений, диаграмма Вольперта-Смита, аддитивные технологии.*

DUAL METHOD OF VISUAL DESIGNING OF ULTRASBOROUS TRANSFORMERS OF INTEGRATED RESISTANCE FOR PROMISING ITEMS OF PRINTED 3D ELECTRONICS

Scientific Supervisor – A.V. Pechatkin, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of radio-electronic and telecommunication systems

Rybinsk State Aviation Technical University named after P.A. Solovyov

The issues of using complementary tools for operational analytical and graphical calculation and modeling with the help of the MathCAD system and the Volpert-

Smith electronic diagram in the design of circuits for reconciling microwave devices implemented with the help of perspective additive technologies are considered.

Keywords: *matching circuits, complex impedance transformers, Volpert-Smith diagram, additive technologies.*

Процессы проектирования СВЧ-устройств требуют тщательного согласования между собой как отдельных сигнальных и комбинированных силовых цепей, так и функциональных узлов в целом. От точности согласования зависит не только поступающая в нагрузку мощность, но и спектральный состав сигнала, а, следовательно, его информационная целостность, сохранение которой особенно важно для процессов потоковой передачи видео- и аудиоинформации в телекоммуникационных беспроводных системах.

В последние годы наиболее ярко себя проявляет т.н. «печатная электроника» – микрополосковая технология на различных диэлектрических подложках, объединённая с возможностями современных полиграфических платформ, таких, например, как глубокая, флексографская, струйная печать, гравировка и т.п. Технологическая или инженерная полиграфия позволяет при помощи «функциональных чернил» (со свойствами проводников, полупроводников и диэлектриков) создавать электронные и радиоэлектронные устройства с улучшенными рабочими характеристиками, повышенной надёжностью и экологической безопасностью.

Полученное таким образом электронное (а также электронно-оптическое, электронно-механическое или иное комбинированное) изделие содержит на подложке не только межэлементные соединения, как в случае с печатной платой, в т. ч. многослойной, но и полностью сформированные активные и пассивные элементы, выполненные в соответствии с электрической (механической, оптической) схемой.

Несмотря на достаточно высокую точность и выполнение функционального топологического рисунка в едином технологическом цикле, сформированные компоненты имеют технологический разброс и отличающиеся друг от друга комплексные входные и выходные сопротивления, также как и в случае традиционного монтажа с применением навесных выводных и SMD электрорадиоэлементов. Для максимально точного согласования между собой комплексных сопротивлений отдельных функционально-топологических узлов, в том числе с возможностью использования неминуемого образующихся паразитных индуктивностей и ёмкостей, а также разделения или, наоборот, совмещения переменных сигнальных и постоянных питающих силовых токов необходимо оперативно получать информацию о множестве допустимых технических решений без образования конфликтных множеств, возникающих, например,

в силу невозможности практической реализации в СВЧ диапазоне элементов требуемых номиналов (прежде всего ёмкостей, индуктивностей).

В практике проектирования наибольшее распространения получили Г-образные индуктивно-ёмкостные цепи – узкополосные низкочастотные и высокочастотные трансформаторы комплексных сопротивлений, имеющие как самостоятельное применение, так и использующиеся как функциональная часть более сложных широкополосных Т- и П-образных согласующих цепей – рис. 1.

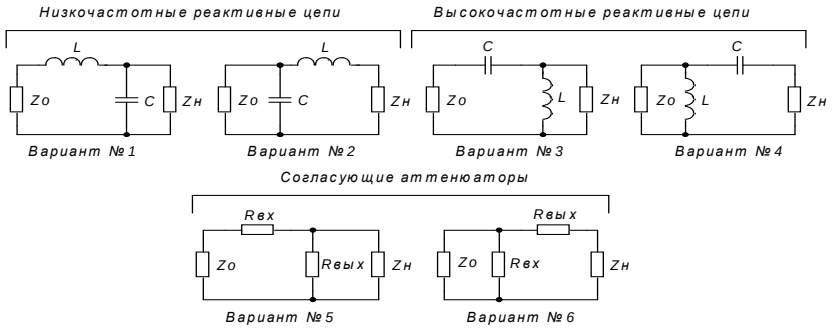


Рис. 1. Базовые реактивные согласующие цепи

При проектировании входных, межкаскадных и выходных согласующих цепей на первое место выходит требование трансформации нагрузочных сопротивлений при достаточно простой конструктивной реализации, которую и обеспечивает применение указанных выше схем как независимо друг от друга, так и в любой комбинации.

Процесс аналитического расчёта цепей, предназначенных для согласования активных и активно-реактивных сопротивлений, не вызывает сложности. Однако для случая, когда оба импеданса являются комплексными, аналитический расчёт существенно усложняется [1].

Для оперативного расчёта и синтеза цепей согласования предлагается совмещать возможности графического визуального метода с помощью электронной диаграммы Вольперта-Смита и аналитических компьютерных моделей, позволяющих в единой итерации не только получить низкочастотное и высокочастотное решение, но также использовать полученные данные для реализации аналогичных цепей проектируемого устройства и формирования более сложных широкополосных согласующих систем. Аналитическая модель реализована на вычислительной платформе MathCAD, наглядно отображающей весь процесс вычислений и генерации выходных данных в прямой математической форме [2].

Процесс вычислений требует указания рабочей или центральной частоты согласования, импедансов источника (или линии связи) и на-

грузки, после ввода которых на выходе формируется матрица с указанием номиналов индуктивностей и ёмкостей для двух вариантов реализации согласующей цепи: низкочастотной и высокочастотной. Кроме того, при условии, что оба согласуемые импеданса являются чисто активными, матрица дополняется номиналами сопротивлений для использования в качестве согласующей цепи резистивного аттенюатора.

Генерация решений в виде двух вариантов технических решений, позволяет проектировщику оценить наиболее предпочтительный и возможный для практический реализации вариант, дополняя тем самым электронную диаграмму Смита, которая лишена таких возможностей, однако предоставляет возможность визуального проектирования и синтеза более сложных цепей и оценки траекторий согласования в случая широкополосной нагрузки – рис. 2 [3].

$$\textit{Номиналы_ЭРЭ} = \begin{pmatrix} \text{"НЧ цепь Вариант\#1 Ls ="} & 42.08 \times 10^{-9} \\ \text{"НЧ цепь Вариант\#1 Cp ="} & 1.12 \times 10^{-12} \\ \text{"ВЧ цепь Вариант\#3 Cs ="} & 3.59 \times 10^{-12} \\ \text{"ВЧ цепь Вариант\#3 Lp ="} & 35.68 \times 10^{-9} \end{pmatrix}$$

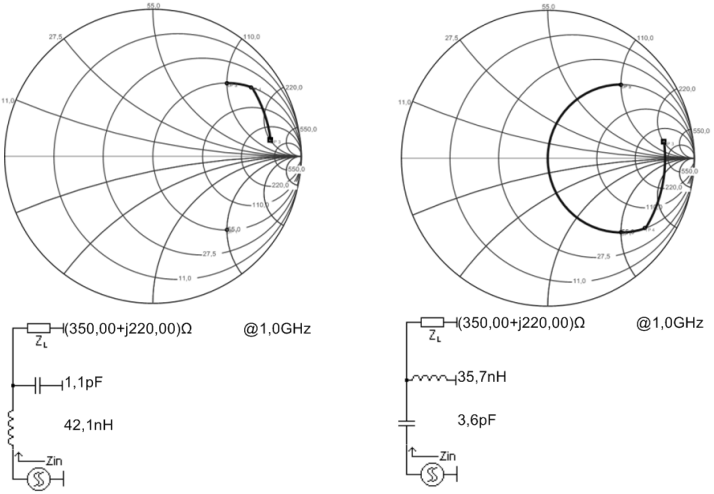


Рис. 2. Фрагменты согласованных процессов аналитического и визуального проектирования реактивных узкополосных согласующих цепей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шамсидинов И.И.* Визуальное проектирование согласующих цепей с помощью электронной диаграммы Смита в лабораторных практикумах дисциплин СВЧ /

Б.К. Кодиров, Р.В. Хабибов, И.И. Шамсидинов, А.В. Печаткин // Юбилейная 70-я всероссийская НТК студентов, магистров и аспирантов ВУЗов с международным участием. Сборник материалов. Ч. 2. Ярославль: ЯГТУ, 2017.
2. *Шварц Н.З.* Линейные транзисторные усилители СВЧ. М.: Сов. радио, 1980.
3. *Dellsperger Fritz* Circuit Designwith Smith Chart [Электронный ресурс]. URL: http://www.fritz.dellsperger.net (дата обращения: 15.02.2018).

УДК 629.7.072

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНО-МАГНИТОМЕТРИЧЕСКОЙ АДАПТИВНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

А.Е. Гузанова, Н.А. Смирнова, А.Т. Кизимов

Научный руководитель – А.Т. Кизимов, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва

Рассматриваются вопросы структуры бесплатформенной инерциально-магнитометрической адаптивной навигационной системы на основе измерения трёх проекций вектора угловой скорости, вектора линейного ускорения и вектора магнитного поля Земли на оси летательного аппарата для создания алгоритмов, на базе которых разрабатывается программа управления беспилотным летательным аппаратом.

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, бесплатформенная инерциально-магнитометрическая адаптивная навигационная система.*

DEVELOPMENT OF THE DIGITAL FREE-OF-FIGURE INERTIAL-MAGNETOMETRIC ADAPTIVE NAVIGATION SYSTEM CONTROL OF UNMANNED AERIAL VEHICLE

A.E. Guzanova, N.A. Smirnova, A.T. Kizimov

Scientific Supervisor – A.T. Kizimov, Candidate of Technical Sciences

Rybinsk State Aviation Technical University named after P.A. Solovyyov

The questions of the structure of the inertial-magnetometric adaptive navigation system are considered on the basis of measuring three projections of the angular velocity vector, the linear acceleration vector and the Earth's magnetic field vector on the axis of the aircraft to create algorithms on the basis of which the unmanned aerial vehicle control program is developed.

Keywords: *unmanned aerial vehicle, inertial-magnetometric adaptive navigation system.*

В настоящее время резко возрастает роль программного управле-

ния беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Это связано с общемировой тенденцией увеличения уровня автономности БПЛА при решении целевых задач, как в военной сфере, так и в гражданской области.

Качественное выполнение поставленных задач БПЛА зависит от бесперебойной работы всех бортовых систем, однако особая роль отводится навигационно-пилотажным системам, так как обеспечивается независимость от человеческого фактора, автономность, устойчивость к внешним несанкционированным воздействиям, что являются решающими факторами для успешного выполнения целевой миссии БПЛА.

В статье рассматриваются аспекты, связанные с повышением независимости системы навигации от внешних корректирующих устройств и её адаптации к типу летательного аппарата и метеорологическим условиям. Предлагаемый подход к решению проблемы заключается в создании комплексной навигационной системы с повышенной помехозащищённостью на основе бесплатформенной инерциальной магнитометрической адаптивной навигационной системы (БИМАНС). Структура навигационной системы состоит из нескольких взаимосвязанных блоков: бесплатформенной инерциальной курсовертикали (БИКВ), высотомера, вычислителя линейной скорости и координат и блока определения курса, которые в автономном режиме обеспечивают с достаточно высокой точностью оценивание параметров вектора состояния БПЛА. Обобщённая структура БИМАНС представлена на рис. 1.

Рассматриваемая навигационная система в автономном режиме использует информацию от внутренних контрольно-измерительных систем и при необходимости и доступности может корректироваться спутниковой радионавигационной системой (СНС), системой радиолокационной координатометрии, системами слежения с наземного пункта управления (НПУ). Выходные данные с БИМАНС передаются в автопилот, обеспечивая выполнение поставленной задачи в автоматическом режиме. Все составные части навигационной системы интегрированы в единый комплекс, отдельные части которого обеспечивают взаимную коррекцию и адаптацию к типу и параметрам БПЛА.

Построение алгоритмов программного обеспечения основывается на особенностях структуры навигационной системы. Каждый из блоков представляет собой сложную структуру и при программировании подразделяется на более мелкие подпрограммные единицы. Подобный подход позволяет использовать структурный метод при разработке программного обеспечения.

Рис. 1. Структурная схема БИМАНС

Процесс программирования заключается в разработке развёрнутого алгоритма, написанию программы и подпрограмм на языке высокого уровня, отладке программного обеспечения с использованием средств интерактивной среды MATLAB в режиме реального времени, доводка программы на полунатурном моделирующем стенде с элементами визуализации, позволяющими наблюдать процесс полета модели БПЛА с отображением телеметрических данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. В 2-х кн.: Кн.2. Робототехнические комплексы на основе БЛА. Монография / Под ред. В.С. Вербы, Б.Г. Татарского. М.: Радиотехника 2016. 824 с.
2. Пилотажно-навигационный комплекс для лёгких беспилотных летательных аппаратов / М.А. Лебедев, А.Т. Кизимов, А.В.Сенников, Д.Р. Березин // Материалы Шестьдесят пятой всероссийской научно-технической конференции студентов, магистров и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2012. С. 283.
3. Построение пространственной бесплатформенной инерциальной курсовертикали с применением кватернионов / А.Т. Кизимов, Д.Р. Березин, Д.А. Летунов, М.А. Лебедев // Датчики и системы: научный журнал. М. .№7, 2012. С.13 – 17.
4. Курсовертикаль для систем пространственной ориентации беспилотных летательных аппаратов / А.Т. Кизимов, Д.Р. Березин, Д.А. Летунов, М.А. Лебедев // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева: научный журнал. Рыбинск: РГАТА, 2011. № 2(20). С. 160-165.

УДК 681.542.2

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ДОЗИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

А.С. Захарычев, Ю.В. Васильков

Научный руководитель – Ю.В. Васильков, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Дозирование химических веществ является одним из важнейших этапов производства резиновых смесей. Система автоматического дозирования с использованием шнека обладает рядом преимуществ относительно других систем дозирования. Главные требования для ее успешной работы: особая конструкция емкости с химикатами, наличие вибраторов и вертикальное размещение шнека. В системе учтены проблемы с прилипанием/слипанием химикатов, и разработаны пути для решения этих проблем. Система рассчитана на смену емкостей, т.е. в ней возможно дозирование разных видов химикатов.

Ключевые слова: *емкость для хранения химикатов, шнек, вибратор.*

AUTOMATIC DOSING OF CHEMICALS IN THE PROCESS OF FORMING RUBBER MIXTURES

A.S. Zaharichev, Y.V. Vasilkov

Scientific Supervisor – Y.V. Vasilkov, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

Dosing of chemicals is one of the most important stages in the production of rubber compounds. The automatic dosing system using auger has several advantages with respect to other dosing systems. The main requirements for its successful operation: a special design of the container with chemicals, the presence of vibrators and the vertical placement of the auger. The system takes into account the sticking problems of chemicals, and ways are developed to solve these problems. The system is designed to change the capacities, i.e. it can dose different types of chemicals

Keywords: *container with chemicals, auger, vibrator.*

Автоматизация процесса дозирования химических веществ в производстве резиновых смесей, является актуальной задачей, стоящей перед шинной промышленностью. Применение ручного труда при дозировании химических веществ обладает серьезными недостатками: вред здоровью, затраты на заработную плату, человеческий фактор, низкая скорость работы системы и т.д.

Число химических веществ, использующихся для производства резиновых смесей, достаточно велико (около 50), что существенно осложняет автоматизацию процесса дозирования. Предлагаемый вариант системы дозирования способен работать с химикатами, обладающими разными физическими свойствами.

Принцип ее работы заключается в следующем (см. рис. 1). В дозирующий цилиндр сверху вставляется шнек. Хваты манипулятора захватывают верхнюю часть цилиндра, оснащенную конусообразной крышкой. Крышка под давлением хватов манипулятора откидывается. Манипулятор приподнимает дозирующий цилиндр, тем самым открывая доступ химикатов к шнеку. Все это происходит при включенном двигателе, который вызывает вибрации в ёмкости. Вибрирующие органы расположены на внутренней стороне емкости вблизи днища (под общим весом химикаты прилипают к нему больше всего). Днище емкости имеет наклон в сторону отверстия для дозирования. Под действием силы тяжести и вибраций химикаты начинают просыпаться в отверстие между створками дозирующего цилиндра и корпусом емкости и попадают на шнек. Шнек начинает вращаться и перемещать химикаты к весам.

Когда процесс дозирования окончен, что определяется весовым дозатором, манипулятор опускает шнек, и створки резко прерывают поступление химикатов на шнек (скорость опускания створок - настраиваемая величина). Створки заострены (для дробления агрегатов химикатов), поэтому после окончания процесса дозирования, между створками и корпусом емкости не останется щелей, т.е.химикаты застревать не будут. Шнек начинает вращение в обратном направлении и постепенно выходит из цилиндра. Как только шнек покинет дозирующий цилиндр, манипулятор ослабит давление на верхнюю часть цилиндра, и крышка вернется в начальное положение. Шнек плотно зажимается органом очистки, который перекрываются пазы шнека. Путем обратно поступательного движения шнек проходит очистку от прилипших химических веществ (канифоль, смола ribetak, смола durez и др.). Отлипающие химикаты падают на конусообразную крышку цилиндра и по ней соскальзывают обратно в емкость, избегая просыпаний в дозирующее отверстие [1, с. 223].

Пред процессом дозирования шнек опрыскивается маслом во избежание прилипания химикатов к его поверхности. Масло добавляется только в том случае, если дозируемые химикаты имеют свойство сли-

паться. Порция масла мала и не влияет на химический состав дозируемого вещества.

Рассмотрим функциональную схему процесса дозирования (см. рис. 1).

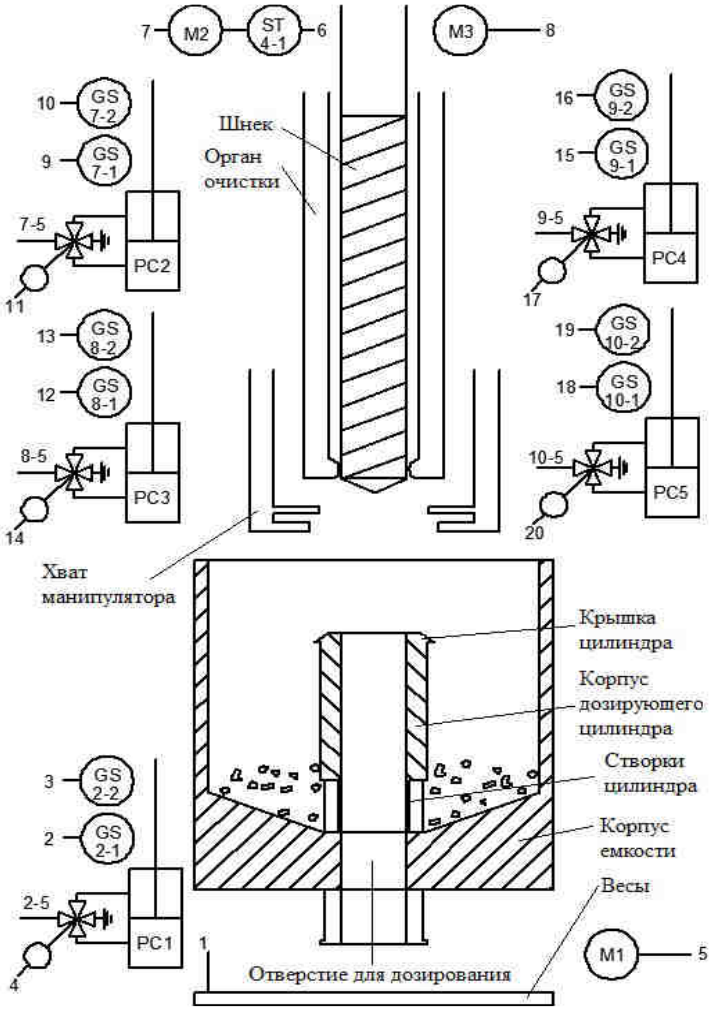


Рис. 1. Функциональная схема процесса дозирования химических веществ

PC1 – пневмоцилиндр, отвечающий за открытие/закрытие створок весов (сброс химикатов).

PC2 – пневмоцилиндр, отвечающий за вертикальное перемещение хватов манипулятора.

PC3 – пневмоцилиндр, отвечающий за горизонтальное перемещение хватов манипулятора.

PC4 – пневмоцилиндр, отвечающий за работу органа очистки.

PC5 – пневмоцилиндр, отвечающий за впрыск масла на шнек.

M1 – двигатель, вызывающий вибрации в емкости.

M2 – двигатель, отвечающий за работу шнека (вращение вокруг своей оси). На этом двигателе установлен резольвер, контролирующий число оборотов.

M3 – двигатель, отвечающий за вертикальное перемещение шнека.

ST – резольвер. Считывает обороты двигателя. При приближении показания весов к целевому значению, важно чтобы двигатель сделал такое число оборотов (ранее рассчитанное), чтобы шнек досыпал на весы массу химикатов, обеспечивающую дозе вход в зону погрешности. Остановка двигателя происходит, когда резольвер отсчитает требуемое число оборотов.

Достоинства предлагаемого варианта системы.

Главным преимуществом предлагаемого способа дозирования перед другими (бункерный, ленточный и т.д. [3, с. 6]) является разделение дозатора на три основные части: весы, емкость с химикатами и дозирующие органы (шнек, вибратор и т.д.). Это дает возможность переключения процесса дозирования с одного вида химиката на другой, посредством смены емкостей.

Имея определенный шаг резьбы шнека (рассчитывается заранее), и изменяя скорость вращения, можно задать требуемую скорость высыпания химикатов на весы. Ее можно сделать настолько плавной, насколько это требует точность дозирования [2, с. 32].

Недостатки предлагаемого варианта системы.

При обрыве пружин, удерживающих дозирующий цилиндр в вертикальном положении, может происходить нежелательное смещение в вертикальном направлении (вне процесса дозирование), открытие створок и как следствие просыпание химикатов. Качество работы будет зависеть от предварительной настройки системы перед работой. В этом случае эти просыпания должны быть незначительными.

Имеющиеся недостатки будут устранены при дальнейших доработках системы.

В системе имеется сигнализация работы исполнительных механизмов (см. рис. 2). Ее срабатывание сигнализирует о том, что пневмоцилиндр, например, переместил рабочий орган на требуемое расстояние. Так же проводится проверка по времени. На выполнение каждого дейст-

вия отводится конкретное количество времени. Выход за временные ограничения приводит к переходу работы системы в аварийный режим.

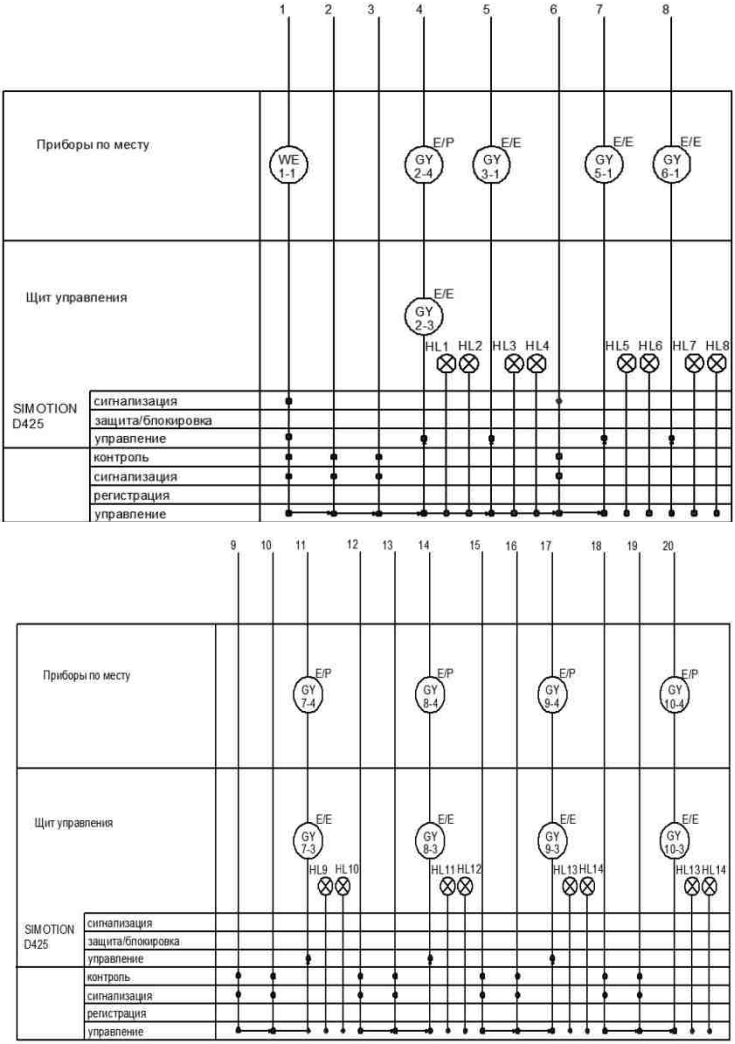


Рис. 2. Функциональная схема процесса дозирования химических веществ (приборы по месту, щит управления)

Вывод: разработан вариант системы автоматического дозирования химических веществ. Она разработана для перехода с ручного режима работы, использующегося на ЯШЗ в данный момент, на автоматическое

управление. Тем самым устранится целый комплекс проблем, связанных с ручными операциями. Вкупе с подходящим для данной системы способом подачи химических веществ, она сможет автоматически дозировать несколько видов химикатов одними рабочими органами. Это приведет к существенно меньшим затратам нежели при покупке отдельных дозаторов для каждого вида химиката в отдельности. Предполагается внедрение данной системы на ЯШЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фарзане Н.Г.* Технологические измерения и приборы: Учеб. для студ. вузов по спец. «Автоматизация технологических процессов и производств» / Н.Г. Фарзане, Л.В. Илясов, А.Ю. Азим-заде. Высш. шк., 1989.
2. *Васильков Ю.В.* Моделирование процессов и систем. Часть 1. Моделирование объектов управления: учебное пособие. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2013. С. 219-224.
3. *Глобин А.Н.* Пути совершенствования дозирующих устройств // Совершенствование технологических процессов и технических средств в АПК: сборник научных трудов АЧГАА. Зерноград, 2009.

УДК 681.518.22

ПРИМЕНЕНИЕ СКАНИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ ОБРЕЗИНИВАНИЯ МЕТАЛЛОКОРДА

И.А. Крупнов, Ю.В. Васильков

Научный руководитель – Ю.В. Васильков, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается управление процессом обрезинивания металлокорда с применением сканирующего устройства. В качестве датчика сканирующего устройства для контроля толщины обрезиненного металлокорда используется абсорбционный радиоизотопный датчик. Система управления с использованием сканирующего устройства обладает рядом преимуществ: более компактная подсистема измерения, упрощение математической модели и настройки системы регулирования. В системе также учтено влияние скрещивания валков для более точного регулирования толщины металлокорда.

Ключевые слова: *обрезиненный металлокорд, сканирующее устройство, абсорбционный радиоизотопный датчик, регулирование толщины*

THE USING OF A SCANNING DEVICE IN CONTROLLING THE PROCESS OF METAL CORD RUBBERIZING

I.A. Krupnov, Yu.V. Vasilkov

Scientific Supervisor – Yu.V. Vasilkov, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The control and cutting of metal cord using a scanning device is considered. As a sensor of the scanning device for controlling the thickness of the rubberized metal cord, an absorption radioisotope sensor is used. The control system using the scanning device has several advantages: a more compact measurement subsystem, simplification of the mathematical model and adjustment of the control system. The system also takes into account the effect of crossing the rolls for more precise adjustment of the metal cord thickness.

Keywords: *rubberized steel cord, scanning device, absorption radioisotope sensor, thickness control*

Качество обрезиненного металлокорда помимо всего прочего во многом зависит от точности регулирования толщины полотна [0].

Для измерения толщины обрезиненного металлокорда используется сканирующее устройство. Это необходимо при формировании регулирующего воздействия, которое будет учитывать не мгновенное изменение толщины полотна в какой-либо точке, а общую тенденцию изменения толщины по всей ширине (см. рис. 1) за определенный промежуток времени (например, время, за которое датчик проходит всю ширину полотна).

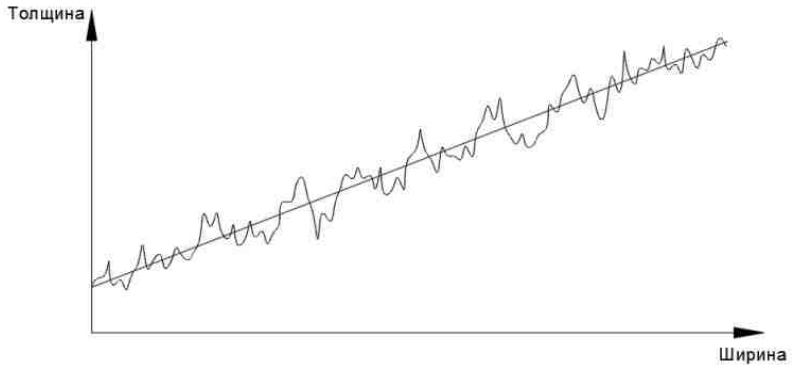


Рис. 1. Распределение толщины полотна металлокорда в зависимости от времени

Такой способ позволяет сделать систему измерения более точной и компактной, за счёт чего облегчается расчёт регулирующего воздействия.

При регулировании толщины металлокорда исполнительными механизмами выступают валки каландра, которые имеют по одному двигателю с каждого края. Каждый двигатель меняет не только положение соответствующего края валка, но также и всего профиля линии валка. Необходимо учитывать это требование при дальнейшем моделировании процесса регулирования толщины полотна. Кроме того, необходимо учитывать возможные скрещивания соседних валков для более точного регулирования толщины металлокорда и компенсации прогиба валков. Приведенные выше требования планируется учитывать при математическом моделировании процесса.

Одним из достоинств управления с использованием сканирующего устройства является использование только одного датчика, который способен заменить множество обычных.

В качестве сканирующего устройства используется абсорбционный радиоизотопный датчик. Принцип работы такого датчика основан на поглощении β-лучей [0]. В верхней части головки датчика располагается радиоактивный элемент, а в нижней – ионизационная камера. Зазор между частями датчика составляет 5 мм. Измерительная головка сканирующего устройства способна перемещаться поперек полотна. При прохождении обрезиненного металлокорда через датчик часть β-лучей поглощается в зависимости от толщины полотна, а другая проникает через обрезиненный металлокордв ионизационную камеру [0] (см. рис. 2). Преобразователь сигнала преобразует величину потока излучения в ионизационной камере в электрическую характеристику (напряжение). Получаемое напряжение сравнивается с заданным. В зависимости от получаемой величины ошибки регулятор вырабатывает регулирующее воздействие, в соответствии с которым электродвигатели регулируют зазор между валками,тем самым изменяя толщину металлокорда.

При смещении головки датчика система учитывает получаемое «пересечение» потоков излучения (т.е. повторное сканирование участка).

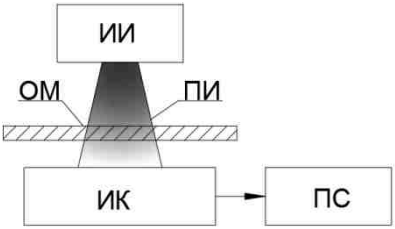


Рис. 2. Схема работы абсорбционного толщиномера

На рис. 2 показано:
ИИ – источник излучения,
ИК – ионизационная камера,
ОМ – обрезиненный металлокорд,
ПИ – поток излучения,
ПС – преобразователь сигнала.

Система состоит четырехвалкового Z-образного каландра и подсистемы автоматического регулирования толщины обрезиненного металлокорда, в которую входят сканирующее устройство с радиоизотопным датчиком, ПЛК и восьми двигателей (по два двигателя на каждом валке каландра). Также сканирующее устройство имеет один реверсивный двигатель для перемещения по полотну.

Каландр формирует полотно обрезиненного металлокорда, которое проходит через датчик сканирующего устройства. Датчик определяет толщину полотна, после чего полученная величина преобразуется в электрическое напряжение. В зависимости от заданных параметров и величины напряжения контроллер подает управляющее воздействие на двигатели каландра. Двигатели изменяют зазор между валками, который характеризует толщину получаемого полотна.

Данные процесса отображаются на панели оператора (при необходимости можно использовать компьютер).

Вывод. Основным преимуществом применения сканирующего устройства является использование одного датчика. Это приводит к более простому расчету регулирующего воздействия.

Применение радиоизотопного датчика позволяет контролировать толщину обрезиненного металлокорда без взятия (т.е. без вырезания) контрольных частей полотна на проверку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильков Ю.В.* Моделирование процессов и систем. Часть 1. Моделирование объектов управления: учебное пособие. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2013. 224 с.
2. ГОСТ 55776-2013 «Контроль неразрушающий рациональный. Термины и определения». Москва: Стандартииформ, 2015.
3. *Фарзане Н.Г.* Технологические измерения и приборы: Учеб. для студ. вузов по спец. «Автоматизация технологических процессов и производств» / Н.Г. Фарзане, Л.В. Илясов, А.Ю. Азим-заде. Высш. шк., 1989.

УДК 681.516.7

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ ЯЧЕЕЧНОЙ МОДЕЛИ

А.Д. Поздеев Ю.В. Васильков

Научный руководитель – Ю.В. Васильков, д-р техн. наук, профессор

Ярославский технический государственный университет

Рассматривается разработка универсальной системы управления многосвязным объектом с быстрой настройкой регуляторов по аппроксимирующей ячеечной модели с учетом перекрестных связей. В задачу разработки входит идентификация каждого канала в многосвязном объекте управления, определение аппроксимирующей передаточной функции ячеечной модели, учет перекрестных связей, поиск оптимальных настроек регулятора, разработка алгоритма дуального управления многосвязным объектом. В разработке используется ячеечная модель с целью упрощения расчетов настроек регуляторов. Таким образом, достигается сокращение затрат на время настройки системы.

Ключевые слова: *идентификация, аппроксимация, ячеечная модель, перекрестные связи, возмущения, дуальное управление, автоматическое управление.*

DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEM OF MULTI-CONNECTED OBJECTS BASED ON A CELL MODEL

A.D. Pozdeev Yu.V. Vasilkov

Scientific Supervisor – Yu.V. Vasilkov, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The development of a universal control system for a multi-connected object with fast tuning of regulators by an approximating cell model with allowance for cross-links is considered. The development process includes identification of each channel in a multiply connected control object, determination of an approximating cell model function, analysis of cross-links, search for optimal controller settings, and development of a dual control algorithm for a multiply connected object. The design uses a cell model to simplify the calculation of regulator settings. So, to achieve a reduction in costs for the time of system setting.

Keywords: *identification, approximation, cell model, cross-links, perturbation, dual control, automatic's control.*

Система разрабатывается для апериодических нестационарных объектов с целью уменьшения затрат на время настройки системы, а также упрощения расчетов настроек регуляторов при управлении качеством многосвязных объектов. Уменьшение затрат на время настройки регулятора в свою очередь достигается путем аппроксимации каждого канала в многосвязном объекте типовой ячеечной моделью. Это позволяет исключить из расчетов запаздывание в явном виде и большое количество различных параметров, заменив их постоянной времени $T_{яч}$ и степенью ячеечной модели $n_{яч}$.

Математическая модель и все алгоритмы (по идентификации, аппроксимации и поиску оптимальных значений настроек регулятора), используемые для ее расчета, находятся в памяти вычислительного устройства (см. рис. 1), к которому подключены датчики с преобразователями, если таковые требуются, а с выходов сигнал подается на контроллер, где формируются настройки регуляторов, определенные по модели. Данные с датчиков сначала подаются на контроллер и затем в модель объекта на компьютере. Обработав данные в модели на компьютере и получив оптимальные настройки регуляторов, определенных с учетом перекрестных связей управляющий сигнал подается на контроллер, откуда найденные оптимальные настройки заносятся в соответствующие регуляторы на реальном объекте.

Принцип работы системы заключается в следующем. Снимается экспериментальная кривая переходного процесса по каждому каналу многосвязного объекта. Дальнейшие действия для каждого канала проводятся аналогично.

Проанализированы три варианта алгоритма по аппроксимации канала объекта ячеечной моделью.

Первый алгоритм аппроксимации по корням передаточной функции проводится с предварительной идентификацией канала объекта управления [1, с. 126]. Здесь, на первом этапе предварительная идентификация канала объекта проводится передаточной функцией апериодического звена третьего порядка с запаздыванием. И по уже идентифицированной передаточной функции проводится аппроксимация одним из двух методов (средней арифметической и средней гармонической), в зависимости от значения идентифицированного запаздывания.

Второй алгоритм аппроксимации с использованием точки перегиба [2, с. 40] проводится без идентификации передаточной функции объекта управления. Здесь, на первом этапе проводится определение точки перегиба исходной кривой разгона [3, с. 454]. Затем, по найденной точке перегиба определяется ближайшее значение точки перегиба "идеальной"

ячеечной модели и по этим данным определяются параметры ячеечной модели $T_{яч}$ и $n_{яч}$.

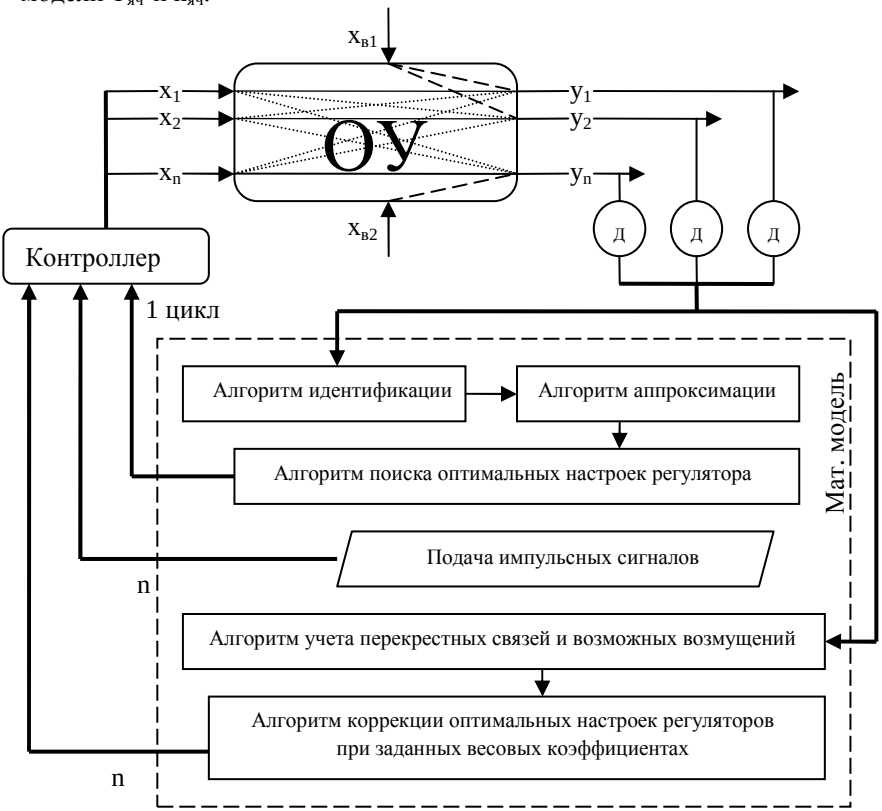


Рис. 1. Схема взаимодействий

Третий алгоритм аппроксимации проводится путем решения обратной задачи Коши – нахождения коэффициентов дифференциального уравнения методом наименьших квадратов по его решению [4, с. 60]. В данном алгоритме по полученной кривой разгона и структуре ячеечной модели определяется частотная характеристика. Уравнение этой частотной характеристики используется в формуле квадратичной меры близости расчетных и экспериментальных значений. По данному уравнению для целевой функции проводится минимизация путем варьирования своих аргументов с целью поиска оптимальных значений параметров ячеечной модели $T_{яч}$ и $n_{яч}$ [5, с. 12].

Анализ описанных выше алгоритмов показал, что наиболее точными алгоритмами оказались алгоритмы аппроксимации по корням передаточной функции и путем решения обратной задачи Коши. Достоин-

ством последнего является то, что аппроксимация проводится по исходной кривой разгона канала без предварительной идентификации.

Аппроксимация ячеечной моделью позволяет избавиться от запаздывания в явном виде и большого количества коэффициентов передаточной функции. Таким образом, вместо большого количества параметров (при большом n) в передаточной функции, получаем два настраиваемых параметра: постоянная времени $T_{яч}$, отвечающая за инерционность канала, и степень ячеечной модели $n_{яч}$.

На следующем этапе работы запускается алгоритм определения оптимальных настроек регулятора, которые передаются через контроллер каждые в свой регулятор. После настройки регуляторов поочередно подается одиночный тестовый импульс ограниченной длительности с целью определения прямых и перекрестных связей, после чего производится подстройка компенсирующих регуляторов с целью уменьшения влияния этих перекрестных связей. В последующем, при работе системы, для оценки изменения свойств нестационарного объекта на один из каналов объекта поочередно с определенным периодом подается импульс конечной длительности. После чего эти изменения учитываются путем коррекции настроек регуляторов и компенсаторов.

Оператор с помощью математической модели многосвязного объекта может задать весовые коэффициенты для каждого канала, которые отвечают за качество регулирования выходной величины отдельно взятого канала. Заданием весового коэффициента каналу, назначается его приоритетность в объекте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Поздеев А.Д.* Разработка алгоритмов для аппроксимации ячеечной моделью канала многосвязного объекта системы управления [Текст] / А.Д. Поздеев // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Автоматизация: проблемы, идеи, решения» (г. Уфа, 08.12.2017 г,). Уфа: Омега сайнс, 2017. 181 с.

2. *Панько М.А.* Расчет и моделирование автоматических систем регулирования в среде Mathcad: Учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 2004. 112 с.

3. *Поздеев А.Д.* Анализ расположения точек перегиба на графиках переходных процессов ячеечной модели [Текст] / А.Д. Поздеев // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы взаимодействия образования, науки и бизнеса» (Москва, 30.01.2018 г.). Москва: Импульс, 2018. 517 с.

4. *Поздеев А.Д.* Сравнение алгоритмов для аппроксимации ячеечной моделью канала многосвязного объекта [Текст] / А.Д. Поздеев // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Автоматизация: проблемы, идеи, решения» (Челябинск, 04.02.2018 г.). Стерлитамак: АМИ, 2018. 115 с.

5. *Поповский А.Ю.* Синтез регуляторов линейных систем [Текст]: учебное пособие; под общ. ред. С.И. Горба. Одесса: ОНМА, 2006. 51 с.

УДК 62.529(075.8)

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОМЕРНОГО ЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА

А.И. Кубряк, Е.А. Муравьева

Научный руководитель – Е.А. Муравьева, д-р техн. наук, доцент

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
филиал г. Стерлитамак

В данной статье описывается новый способ повышения эффективности многомерных четких логических регуляторов (МЧЛР), который основан на размещении продукционных правил в ситуационные подпрограммы. Благодаря данному методу отрабатывается лишь одна подпрограмма, а не вся система продукционных правил.

Ключевые слова: *многомерный четкий логический регулятор, продукционные правила, быстродействие, фаззификация.*

METHOD FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF MULTIDIMENSIONAL PRECISE LOGIC CONTROLLER

A.I. Kubryak, E.A. Muraveva

Scientific Supervisor – E.A. Muraveva, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Ufa State Petroleum Technological University, Branch, Sterlitamak

This article describes a new way to improve the effectiveness of multidimensional clear logic controllers (MPLC), which is based on placing production rules in situational routines. Thanks to this method, only one subprogram is processed, and not the whole system of product rules.

Keywords: *multidimensional crisp logic controller, production rule, speed, fuzzification procedure.*

Интерпретация входных и выходных переменных совокупностью четких термов предоставляет широкие возможности для повышения быстродействия многомерных четких логических регуляторов (МЧЛР) с

помощью any-time и step-time [2] алгоритмов, которые позволяют отрабатывать лишь часть (5÷10)%, а не всю программу целиком.

Ниже на рис. 1 представлена логическая схема алгоритма функционирования *n*-мерного четкого логического регулятора, которая состоит из: *n* фаззификаторов; сканирования дискретных входных и выходных переменных объекта управления; ситуационных подпрограмм.

Цикл сканирования программы, реализующей МЧЛР, начинается с отработки операторов условного перехода. Затем определяется текущее логическое значение дискретных входных и выходных переменных объекта управления. Цикл сканирования программы, завершается отработкой блока ситуационных подпрограмм (СПП).

Рис. 1. Логическая схема алгоритма функционирования *n*-мерного четкого логического регулятора

На основе алгоритма функционирования многомерного четкого логического регулятора разработана его структурная схема [5] (рис. 2), состоящая из: фаззификатора; сканирования дискретных входных ($X_1 \div X_s$) и выходных ($Y_1 \div Y_k$) переменных многосвязного объекта управления; отработки ситуационных подпрограмм; многосвязного объекта управления с *n* регулируемыми параметрами.

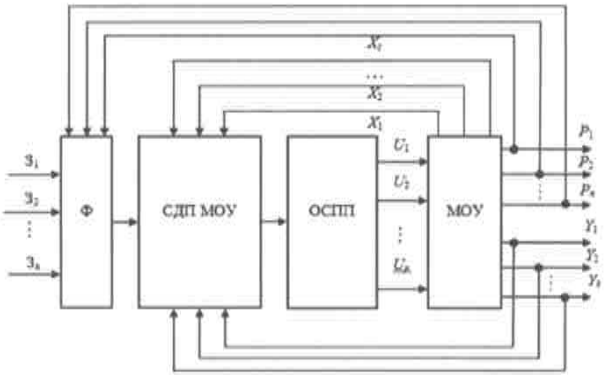


Рис. 2. Структурная схема многомерного четкого логического регулятора

Общее время сканирования фаззификаторов и СПП предлагаемого МЧЛР равно:

$$T_{сп} = T_{фп} + T_{спп} = n(0{,}2m + 2{,}5)t_{уп}, \quad (1)$$

При тех же условиях время сканирования фаззификаторов и системы продукционных правил в типовом многомерном нечетком логическом регуляторе

$$T_{cm} = 4nmt_{ym}, \quad (2)$$

где t_{ym} – время сканирования условной части продукционного правила типового нечеткого регулятора.

Определим, во сколько раз снизилось время сканирования в предлагаемом МЧЛР по сравнению с типовым многомерным нечетким регулятором [1]:

$$K_{пб} = \frac{4m}{0{,}2m + 2{,}5}, \quad (3)$$

где $K_{пб}$ – коэффициент повышения быстродействия предлагаемого МЧЛР.

Из выражения (3) следует, что коэффициент повышения быстродействия предлагаемого МЧЛР не зависит от n и, например, при m=9 быстродействие МЧЛР по сравнению с типовым многомерным нечетким логическим регулятором будет выше в 8,37 раз.

Представленный логический регулятор применяется в системе управления дистиллятором [3]. На рис. 3 представлены значения pH жидкости в зависимости от времени на выходе из дистиллятора с использованием МЧЛР (штриховая линия) и без него (сплошная линия).

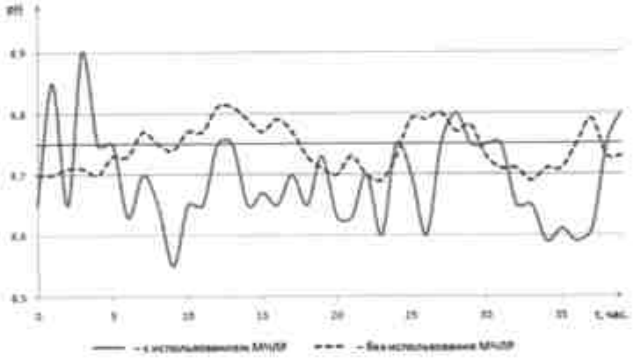


Рис. 3. Графики изменения значения pH жидкости на выходе из дистиллятора в течение периода времени

Из рис. 3 видно, что при использовании многомерного логического регулятора погрешность регулирования снижается примерно на 42 %, а перерегулирование по значению pH жидкости на выходе из дистиллятора – на 57 %.

Благодаря внедрению в систему управления дистиллятором многомерного логического регулятора, который обладает повышенной эффективностью и сниженной погрешность, удалось повысить качество управления технологическим процессом дистилляции при производстве соды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гостев В.И.* Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 411 с.

2. *Муравьева Е.А.* Дискретно-логический регулятор с any-time алгоритмом минимизации времени отклика. // Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий. Уфа: Гилем, 2007. С. 63–65.

3. *Антипин А.Ф.* Интеллектуальные системы управления технологическими процессами на основе многомерных четких логических регуляторов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Уфа, 2010. 160 с.

4. *Соловьев К.А.* Адаптация нечеткого регулятора / К.А. Соловьев, Е.А. Муравьева, Р.Г. Султанов [Электронный ресурс]// Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. / УГНТУ. 2014. № 3. С. 123-128. Режим доступа: http://ngdelo.ru/files/old_ngdelo/2014/3/ngdelo-3-2014-p123-128.pdf

УДК 621.313

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬГЕНЕРАТОРАМИ

А.Г. Рыбин, А.Е. Савенко

Научный руководитель – А.Е. Савенко, канд. техн. наук, доцент

Керченский государственный морской технологический университет

Рассматривается возможность мониторинга и управления дизельгенераторными установками дистанционно, с использованием контроллеров DSE посредством релейной связи.

***Ключевые слова**: мониторинг, контроллер DSE, управление.*

INVESTIGATION OF POSSIBLE REMOTE MONITORING AND CONTROL OF DIESEL GENERATORS

A.G. Rybin, A.E. Savenko

Scientific Supervisor – A.E. Savenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kerch State Maritime Technological University

The possibility of remote monitoring and control of diesel power plant installations using DSE controllers through relay connection is considered.

***Keywords**: monitoring, DSE controller, management.*

Морской флот активно развивается вместе с ходом научно технического прогресса. Важнейшим звеном в системе обеспечения безопасности мореплавания в РФ являются береговые системы управления движением судов (СУДС). Они создаются, в первую очередь, в районах и портах с интенсивным судоходством и повышенной экологической опасностью.

На базе современных навигационных и радиосвязных систем создаются новые перспективные СУДС, дополнительно включающие в себя дифференциальные станции спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS и автоматические информационные системы (АИС). С их

использованием обеспечивается метровая точность определения места судна в зоне действия (до 100 км дистанции).

Благодаря этому может достигаться высокоточная проводка судов по узким фарватерам, существенно повышена эффективность дноуглубительных и гидротехнических работ.

Один из центров управления: Региональная Система Управления Движения Судов Керченского пролива.

В состав РСУДС порта Кавказ входят: Центр СУДС порта Кавказ, автоматизированные радиотехнические посты: «Тузла», «Лада-Геленджик-Транс», «Ахиллеон», «гора Зеленского», «ЗАО ЭФКО Пищевые ингредиенты», «порт Темрюк» и радиорелейный пост «Фонталовская».

Одно из основных требований к радиолокационным системам управления движением судов: «круглосуточная и бесперебойная работа с полным резервированием основного оборудования и бесперебойное снабжение электроэнергией» [1,2].

Расстояние между объектами составляет порядка 70-80 километров. Постоянные объезды и наблюдение за исправностью работы оборудования, контроль наличия топлива - это большая статья расхода для предприятия [3]. Релейные панели управления дизель-генераторами Р-900 не позволяют передавать информацию на расстояние.

Начальником сектора гарантированного электроснабжения службы связи электрорадионавигации и информационных технологий СУДС Керченского пролива Рыбиным А.Г. было принято техническое решение о замене панелей управления дизелями на более современные контроллеры DSE 7320 и подключению (для возможности передачи данных, мониторинга и управления) в общую систему связи между объектами.

Контроллеры серии DSE 7000 предназначены для обеспечения различного уровня функций на основе общей платформы. Это позволяет обслуживающему персоналу иметь большую гибкость при выборе контроллера с учетом его конкретного применения [4].

Контроллеры серии DSE 7000 разработаны в целях предоставления возможности оператору электростанции дистанционно запускать и останавливать установку, а при необходимости переключать нагрузку на генератор либо вручную (с помощью кнопок управления на панели), либо автоматически.

Дополнительно контроллер DSE7320 может осуществлять автоматически запуск и останов электростанции в зависимости от качества и состояния энергоснабжения от энергосистемы (энергоснабжающей организации). У пользователя имеется возможность просматривать рабочие параметры электростанции на жидкокристаллическом дисплее.

Контроллер DSE 7000 контролирует работу двигателя, в том числе состояние его работы и наличие нарушений, автоматически отключает двигатель и выдает истинную индикацию о первом возникшем нарушении в работе двигателе в виде общего звукового аварийного сигнала (“COMMON AUDIBLE ALARM”). Индикация о нарушении выдается на жидкокристаллический дисплей.

Установка панелей DSE 7320 позволила дистанционно управлять дизелями, автоматически выбирать резерв, проводить удаленный мониторинг, контролировать параметры и количество топлива.

Удаленный мониторинг основных технических и эксплуатационных параметров оборудования дизельных электростанций дал возможность обнаруживать и устранять неисправность на ранних стадиях дистанционно, во многих случаях без посещения объекта обслуживающим персоналом. Автоматический анализ и архивация системы позволяет избежать ошибочных действий оперативного дежурного персонала при переключениях и смены режимов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / Министерство энергетики Российской Федерации. 7-е изд. 2016.
2. *Кудрин Б.И.* Электроснабжение промышленных предприятий / Б.И. Кудрин. М.: «Интермет Инжиниринг», 2006. 669 с.
3. Приказ Министерства транспорта РФ от 23 июля 2015 г. № 226.
4. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. М.: Энергоатомиздат, 1991. 464 с.

УДК 621.313

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ ОБМЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МОЩНОСТИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

С.Е. Савенко, А.Е. Савенко

Научный руководитель – А.Е. Савенко, канд. техн. наук, доцент

Керченский государственный морской технологический университет

Рассматривается метод определения амплитуды обменных колебаний мощности в автономных электротехнических комплексах для повышения качества параллельной работы дизель-генераторных установок. Метод позволяет производить подстройку электронных регуляторов частоты вращения дизелей непосредственно во время работы.

***Ключевые слова**: дизель-генератор, обменные колебания, автономная электростанция, электротехнический комплекс, метод площадей.*

DETERMINATION OF THE AMPLITUDE OF EXCHANGE-POWER FLUCTUATIONS IN OPTIMIZATION OF WORK OF AUTONOMOUS ELECTRICAL COMPLEX

S.E. Savenko, A.E. Savenko

Scientific Supervisor – A.E. Savenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kerch State Maritime Technological University

The paper examines a method for determining the amplitude of exchange power fluctuations in autonomous electrotechnical complexes to improve the quality of parallel operation of diesel-generator sets. The method allows to adjust the electronic speed controllers of diesel engines directly during operation.

***Key words**: diesel generator, exchange power fluctuations, autonomous power station, electrotechnical complex, area method.*

Безопасность и эффективность использования производственных и инфраструктурных объектов в режимах автономного электроснабжения в значительной степени зависит от работы электроэнергетических установок. Современные автономные электростанции имеют в своем составе

несколько дизель-генераторных агрегатов [1]. При параллельной работе генераторных агрегатов возникают обменные и синфазные колебания мощности [2, 3]. Такие колебания существенно снижают качество вырабатываемой электроэнергии и негативно сказываются на работе производственного оборудования и систем жизнеобеспечения в целом.

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования показали, что возможно снизить амплитуду колебаний мощности. Для этого необходимо применить новый блок [4, 5] управления обменными колебаниями мощности (УОКМ), являющийся адаптивной поисковой самонастраивающейся системой, который дополнит существующие системы автоматики автономной электростанции. Этот блок получает необходимую информацию от всех параллельно включенных генераторных агрегатов и в случае превышения амплитудой колебаний предельно допустимого значения воздействует на регуляторы частоты вращения приводных дизелей. Воздействие заключается в изменении коэффициентов передачи регуляторов и уставки по частоте вращения в соответствии с алгоритмом работы блока УОКМ. Однако возникает необходимость в разработке метода определении критерия величины колебаний мощности в текущий момент времени работы автономной электростанции. Исследования показали, что при существовании колебаний мощности, огибающие токов генераторов I очень близки к синусоидальной кривой. Точки максимумов и минимумов можно находить как экспериментально, так и с использованием эталонной математической модели. Если найти разность таких огибающих токов всех параллельно работающих генераторов, то результатом будет являться синусоидальная кривая, которая колеблется с той же частотой, что и исходные огибающие относительно горизонтальной линии, за которую удобно принять ось абсцисс. Кривая, пересекаясь с осью, отсекает площади S, которые необходимо просуммировать и, таким образом, определить истинную амплитуду колебаний. Для эффективной работы системы автоматического управления при определении амплитуды обменных колебаний суммарную площадь необходимо нормировать по времени, то есть отнести к некоторому промежутку времени. Величины промежутка времени T и допустимой амплитуды колебаний $A_{доп}$ должны определяться экспертно для каждого автономного электротехнического комплекса, а в некоторых случаях и для отдельных режимов его работы. В математическом виде критерий определения амплитуды обменных колебаний $A_{окм}$ для случая параллельной работы n генераторных агрегатов при использовании интегрального метода площадей можно записать в следующем виде.

$$A_{\text{окм}} = \frac{\sum_{1}^{n} S(I1 - I2 - ... - In)}{T}.$$

Применение метода площадей с нормированием по времени является наиболее удачным для решения блоком управления обменными колебаниями мощности задачи по определению действительного значения амплитуды колебаний. Разработанный метод может быть адаптирован индивидуально для каждого режима работы объекта, получающего автономное электроснабжение. Уменьшение амплитуды обменных колебаний мощности позволяет оптимизировать параллельную работу дизель-генераторных агрегатов в составе автономного электротехнического комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лежнюк П.Д.* Оптимизация распределения нагрузки между рассредоточенными источниками энергии в локальной электрической системе / П.Д. Лежнюк, В.В. Нетребский, А.В. Никиторович // Технiчна електродинамiка.2012. № 2. С. 38-39.

2. *Савенко А.Е.* Использование автономных электротехнических комплексов в нефтегазовой отрасли // Материалы I Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли». Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт. 2016. Т. 2. С. 218-221.

3. *Савенко А.Е.* Исследование работы мощного электропривода в автономном электротехническом комплексе / А.Е. Савенко, П.С. Савенко // Вестник ИГЭУ. 2017. №. 4. С. 44-49.

4. *Голубев А.Н.* Математическая модель для расчета электромагнитных сил в синхронном электроприводе с постоянными магнитами / А.Н. Голубев, В.А. Мартынов, А.В. Алейников // Вестник ИГЭУ.2015. № 1. С. 10-13.

5. *Тютиков В.В.* Методика синтеза регуляторов для независимого формирования статических и динамических показателей нелинейных объектов / В.В. Тютиков, А.И. Воронин // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 3(164). С. 154-164.

УДК 66.048.3.01:007

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДЕИЗОПЕНТАНИЗАТОРА УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ

П.В. Куделин, Г.Г. Вилков

Научный руководитель – Г.Г. Вилков, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Получена энтропийная модель промышленной ректификационной колонны. Она использована для анализа влияния различных управлений колонны на ее разделительную способность. Получены условия оптимального функционирования.

Ключевые слова: *ректификационная колонна, разделительная способность, информационный критерий относительной организованности, формализм Джейнса, энтропийная модель.*

ANALYSIS OF FUNCTIONING OF THE DEISOPENTANIZER OF THE ISOMERIZATION FACILITY

P.V. Kudelin, G.G. Vilkov

Scientific Supervisor – G.G. Vilkov, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The entropy model of an industrial rectifying column is obtained. It is used to analyze the effect of different controls on the column on its separation ability. Optimal functioning conditions have been found.

Keywords: *rectifying column, separation ability, information criterion of relative entropy, Jaynes' principle, maximum entropy model.*

Деизопентанизатор предназначен для выделения изопентановой фракции регламентного качества из пятикомпонентной исходной смеси. Как объект автоматизации, он имеет три управления: расход дистиллята или кубового продукта, расход орошения и номер тарелки питания. В

работе проведен анализ влияния этих управлений на разделительную способность колонны. Разделительная способность колонны оценивается критерием относительной организованности колонны [1]:

$$\eta = (H_{вх} - H_{вых}) / H_{вх}\,, \tag{1}$$

где $H_{вх}$, $H_{вых}$ – информационная энтропия, оценивающая неупорядоченность потоков на входе и выходе системы, соответственно.

Для анализа разработана энтропийная математическая модель колонны [2]. Она получена в соответствии с формализмом Джейнса [3], который позволяет определить распределение концентраций в выходных потоках колонны при наличии точного, но всегда недостаточного объема исходной информации.

В результате выведены зависимости для нахождения составов выходных продуктов x_i^+, x_i^- (2,3) и условие нормировки концентраций (4):

$$x_i^+ = \sum_{i=1}^{m} z_i \Big/ \left[\varepsilon_y + \varepsilon_x \cdot \left(\alpha_i / \alpha_{гр}\right)^{-\lambda}\right];\ i = \overline{1,m}, \tag{2}$$

$$x_i^- = \sum_{i=1}^{m} z_i \Big/ \left[\varepsilon_x + \varepsilon_y \cdot \left(\alpha_i / \alpha_{гр}\right)^{\lambda}\right];\ i = \overline{1,m}. \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_i^+ = 1 \text{ либо } \sum_{i=1}^{m} x_i^- = 1\,; \tag{4}$$

где x_i^+, x_i^-, z_i – мольные концентрации i-го компонента в дистилляте, кубовом продукте и исходной смеси;

ε_y, ε_x – мольные расходы дистиллята и кубового продукта, приведенные к единице исходной смеси;

λ – минимальное число теоретических тарелок для заданного разделения ($\lambda = \lambda^+ + \lambda^-$, где λ^+, λ^- – количество тарелок в укрепляющей и исчерпывающей секциях, соответственно);

α_i – относительная летучесть i-го компонента;

$\alpha_{гр}$ – относительная летучесть гипотетического граничного компонента (компонент для которого выполняется следующее условие – $x_{гр}^+ = x_{гр}^- = z_{гр}$);

m – число компонентов в исходной смеси.

Учет реального числа теоретических тарелок возможен при использовании уравнений (2–4) для моделирования ректификационных подсистем (исчерпывающей и укрепляющей секций колонны).

Проанализированы различные алгоритмы решения уравнений математической модели. Они отличаются друг от друга выбором парамет-

ров математической модели, по которым осуществляется итерационный расчет. Наилучшим является алгоритм, реализация которого позволяет получить решение с заданной точностью за минимальное число итераций. Он предполагает, что начальное приближение составов выходных потоков колонны определяется по уравнениям (2–4) и более точное определение состава жидкости, покидающего укрепляющую секцию, на первой итерации по уравнению парожидкостного равновесия.

Математическая модель, используемая для анализа функционирования деизопентанизатора, идентифицирована с использованием данных технологического регламента. Получено, что $\lambda^{+}+\lambda^{-}=30$.

Проведен анализ функционирования действующей ректификационной колонны. Он предполагает изучение влияния управлений колонны на ее разделительную способность, оцениваемую критерием (1).

Результаты расчетов приведены на рис. 1–3.

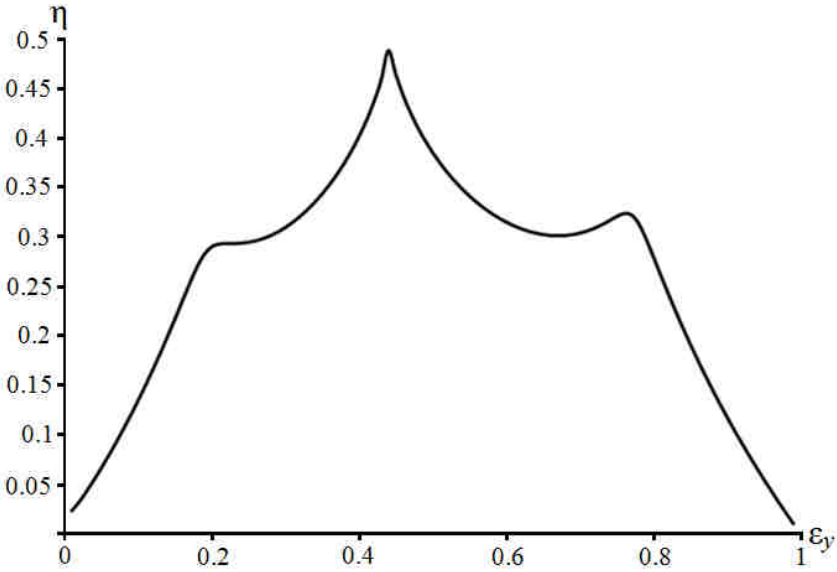


Рис. 1. График зависимости критерия η от ε_y

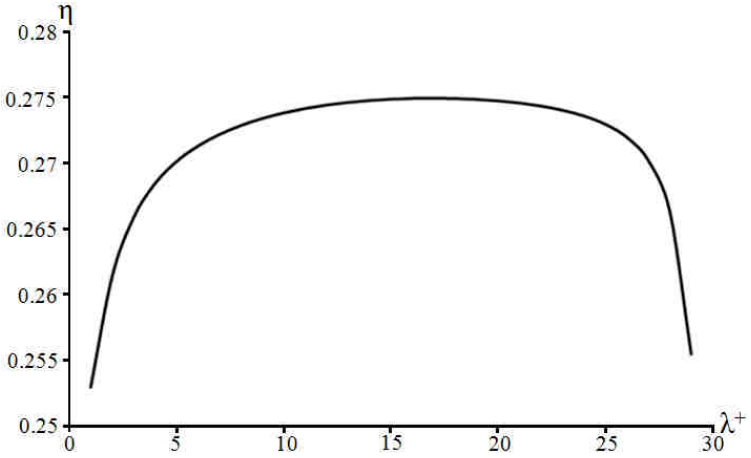


Рис. 2. График зависимости критерия η от λ^+ (при $\lambda^-=\lambda-\lambda^+$)

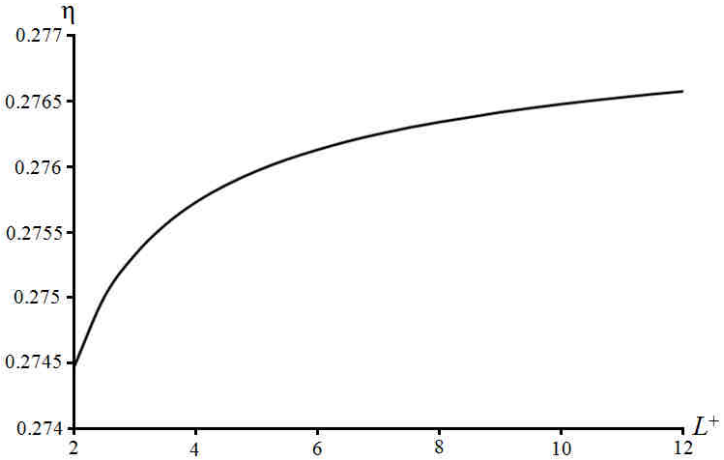


Рис. 3. График зависимости критерия η от L^+

Оптимальное значение относительного отбора дистиллята, при котором разделительная способность колонны максимальна, равно ε_y=0.44 (рис. 1). На действующей колонне этот параметр поддерживается на значении ε_y=0.18. При таком значении достигается лишь локальный максимум разделительной способности колонны. Это объясняется тем, что технологическое требование вывода из колонны изопентана и более лег-

ких компонентов является более важным фактором, чем экономическая эффективность разделения.

При регламентных значениях расхода и состава питания колонны оптимальное соотношение чисел тарелок верхней и нижней секций, при котором разделительная способность максимальна, равно $\lambda^{+}/\lambda^{-} = 17/13$ (рис. 2). Такое же соотношение поддерживается и при эксплуатации колонны. Тем самым подтверждается, что тарелка, на которую подается питание, выбрана правильно.

Как и следовало ожидать, при увеличении расхода орошения разделительная способность колонны увеличивается, асимптотически приближаясь к постоянному значению (рис. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балунов А.И.* Энтропия и информация в теории ректификации / А.И. Балунов, В.П. Майков // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2003. Т. 46. Вып. 9. С. 54-67.
2. *Балунов А.И.* Термодинамический метод расчета составов продуктов разделения при ректификации непрерывных и дискретно-непрерывных смесей / А.И. Балунов, О.В. Дзюба, В.П. Майков // Изв. вузов. Сер. Химия и хим. технология. 1996. Т. 39. Вып. 1–2. С. 86–89.
3. *Jaynes E.T.* Information Theory and Statistical Mechanics // I. The Physical Review. 1957. V. 106. N4. P. 620–630. II. The Physical Review. 1957. V. 108, N 2. P. 171–190.

УДК 66.011

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ТОВАРНОГО ИЗОПРОПИЛБЕНЗОЛА

Л.П. Пенских, Г.Г. Вилков

Научный руководитель – Г.Г. Вилков, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

В работе решена задача оптимальной декомпозиции пятиколонной ректификаионной установки и получены условия ее оптимального функционирования. Результаты декомпозиции: расход выходных потоков и концентрации в них, не заданные регламентом, являются исходными данными для оптимального управления каждой ректификационной колонной в отдельности, что обеспечивает оптимальность системы в целом.

Ключевые слова: *ректификационная система, декомпозиционный метод, информационный критерий относительной способности, ректификационная колонна.*

OPTIMAL CONTROL OF THE PLANT FOR THE ISOLATION OF COMMODITY ISOPROPYLBENZENE

L.P. Penskikh, G.G. Vilkov

Scientific Supervisor – G.G. Vilkov, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

In the work the problem of optimal decomposition of the five-column distillation setup and the conditions for its optimal functioning is solved. The results of decomposition: consumption output flows and concentrations in them are not specified in the regulations, are the initial data for the optimal management of each distillation column separately, which ensures the optimality of the overall system..

Keywords: *distillation system, decomposition method, information criterion of the separation ability of a distillation column.*

Упрощенная технологическая схема установки для выделения товарного изопропилбензола (рис. 1) включает в себя пять ректификационных колонн. На схеме приняты следующие обозначения: F, z_i – мольные

расход и концентрации i-го компонента сырья, D_j, W_j – мольные расходы дистиллята и кубового продукта j-й колонны, x^+_{ij}, x^-_{ij} – мольные концентрации i-го компонента в дистилляте и кубовом продукте j-й колонны.

Исходное сырье состоит из 6 компонентов: бензол, этилбензол, изопропилбензол, бутилбензол, полиалкилбензолы, смолы.

Назначение установки – выделение из сырья бензольной, этилбензольной, изопропилбензольной и полиалкилбензольной фракций регламентного качества.

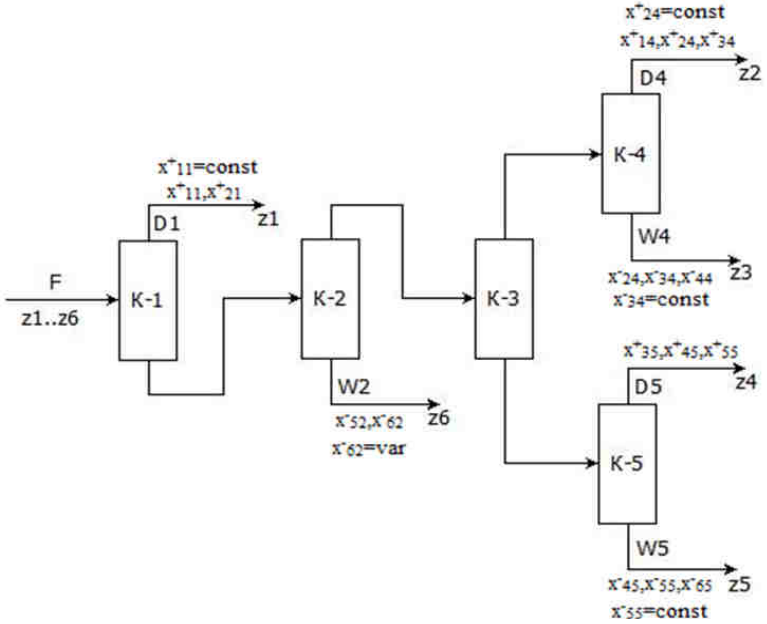


Рис. 1. Упрощенная структурная схема установки для выделения товарного изопропилбензола

Для решения задачи оптимального управления используется декомпозиционный метод оптимизации ректификационных систем [1].Он позволяет сложную многомерную задачу заменить несколькими задачами меньшей размерности. Для распределения компонентов в выходных потоках системы используется концепция четкого разделения (количество компонентов, одновременно распределяющихся между дистиллятом и кубовым продуктом каждой колонны, не более двух).

В рамках метода разделительная способность ректификационной системы характеризуется информационным критерием относительной организованности [2]

$$\eta = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{p} H_{D_j} + \sum_{j=1}^{l} H_{W_j}}{\sum_{j=1}^{q} H_F} \quad (1)$$

где $H_F = -F \sum_1^m z_i \cdot \ln z_i$, $H_D = -D \sum_1^m x_i^+ \cdot \ln x_i^+$,

$H_W = -W \cdot \sum_1^m x_i^- \cdot \ln x_i^-$,H – информационная энтропия потока, m – количество компонентов в питании, x_i^+, x_i^-- мольные концентрации i-го компонента в выходном потоке дистиллята и кубового продукта, соответственно, q, p, l – количество входных и выходных потоков дистиллята и выходных потоков кубового продукта, соответственно.

Постановка задачи оптимального управления заключается в необходимости найти значения управлений, которые обеспечивали бы получение товарных фракций регламентного качества при минимально необходимых энергетических затратах на разделение.

В качестве оценки энергетических затрат используется критерий (1). Физический смысл критерия η заключается в следующем: он показывает, насколько уменьшается неупорядоченность выходных потоков установки по сравнению с неупорядоченностью сырья при подведении к ней энергии и неизменном количестве капитальных затрат.

Управления ректификационной системы можно разделить на интенсивные управления ($U_{инт}$), при изменении которых можно повысить разделительную способность колонн при относительно неизменных затратах, и экстенсивные управления ($U_{экс}$), при изменении которых разделительную способность можно повысить только при увеличении затрат. Экстенсивные затраты должны использоваться только тогда, когда возможности интенсивных управлений исчерпаны.

В математической форме постановка задачи оптимального управления записывается в виде [3]

$$\min_{U_{экс}} \max_{U_{инт}} \eta\,(X, U_{инт}, U_{экс}), \quad (2)$$

при выполнении следующих ограничений:

$$F_j = D_j + W_j, \quad (3)$$

$$F_j z_{ij} = D_j x_{ij}^+ + F_j x_{ij}^-, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1, \tag{5}$$

где X – координаты объекта управления ,ограничения (3) и (4) – уравнения общего и покомпонентных материальных балансов колонн, ограничение (5) - условие нормировки концентраций.

Максимум критерия (1) достигается при значениях интенсивных управлений каждой ректификационной колонны, определяемых из соотношений

$$\varepsilon_j = \frac{D_j}{F_j} = \sum_{i=1}^{k} z_{ij}, \tag{6}$$

где k – номер наиболее тяжелого из обогащаемых в дистиллят компонентов.

При минимизации критерия (1) по экстенсивным управлениям получено условие оптимальности

$$\text{ТПО} = \frac{x_{62}^{-} \cdot x_{55}^{+} \cdot x_{45}^{-}}{x_{52}^{-} \cdot x_{45}^{+} \cdot x_{65}^{-}} = 1, \tag{7}$$

где ТПО – термодинамический показатель оптимальности разделительной мощности установки, представляющий собой комплекс незаданных концентраций в выходных потоках системы.

Для оптимально спроектированной ректификационной системы является обязательным поддержание системой управления расходов дистиллята или кубового продукта каждой колонны на значениях, определяемых из условий оптимальности (6,7).

Применение условий оптимальности (6) для управления действующими ректификационными системами требует дополнительного обоснования [4]. С этой целью разработаны энтропийные математические модели ректификационных колонн [2, 5]. Модели идентифицированы по данным технологического регламента. Построены графики зависимости критериев (1), записанных для каждой колонны, от относительного отбора дистиллята ε_j (рис. 2). Анализ графиков показывает, что глобальные максимумы критериев η_j достигаются при значениях ε_j, соответствующих условиям оптимальности (6). Это доказывает возможность их применения при решении задачи (2).

Система оптимального управления, реализующая решение задачи (2), выполняет следующие функции: поддержание отборов дистиллята (или кубового продукта) в соответствии с условием оптимальности (6); обеспечение регламентных требований к качеству товарных фракций, а

для промежуточных колонн – результатов решения задачи (2); поддержание материальных и тепловых балансов колонн.

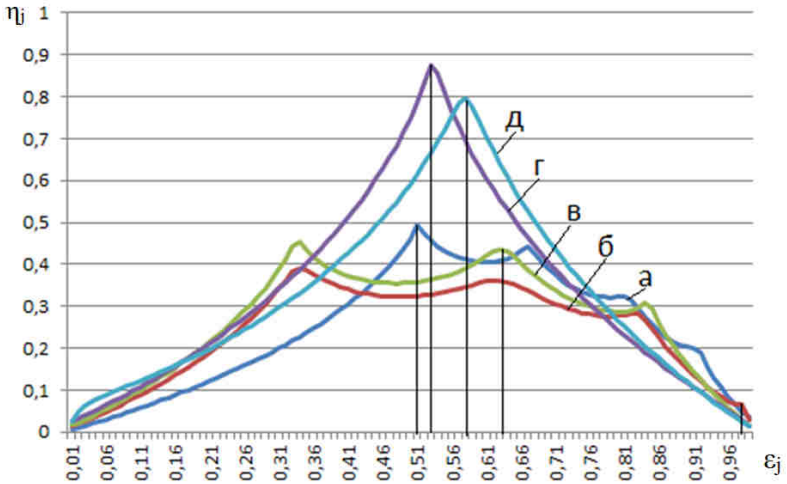


Рис. 2. Графики зависимости информационного критерия относительной разделительной способности колонн η от относительного отбора дистиллята ε_j: а – К-1 ($\sum_i^k z_i = 0{,}511$), б – К-2 ($\sum_i^k z_i = 0{,}98$), в – К-3 ($\sum_i^k z_i = 0{,}633$), г – К-4 ($\sum_i^k z_i = 0{,}533$), д – К-5($\sum_i^k z_i = 0{,}579$)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вилков Г.Г.* Оптимизация разделительных химико-технологических систем на основе информационного подхода // Известия вузов. Химия и хим. технология. 1995. Т. 38. Вып. 6. С.79-83.

2. *Балунов А.И.* Энтропия и информация в теории ректификации / А.И. Балунов, В.П. Майков // Известия вузов. Химия и хим. технология. 2003. Т. 46. Вып. 9. С. 54-67.

3. *Вилков Г.Г.* Проектирование и управление разделительными химико-технологическими системами // Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 11. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. С. 183-192.

4. *Вилков Г.Г.* Оптимизация ректификационных систем // Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 12. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. С. 204-214.

5. Балунов А.И. Термодинамический метод расчета составов продуктов разделения при ректификации непрерывных и дискретно-непрерывных смесей / А.И. Балунов, О.В. Дзюба, В.П. Майков // Известия вузов. Сер. Химия и хим. технология. 1996. Т. 39, № 1-2. С. 86-89.

УДК 531.1

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

А.Е. Григорьев, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – О.Ю. Марьясин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются различные инструменты моделирования мобильных роботов. Они позволяют решать разнообразные задачи, связанные с управлением движением мобильных роботов.

Ключевые слова: *Мобильный робот, управление роботом, MRSim, RMTool, V-REP.*

TOOLS FOR MOBILE ROBOT MOTION MODELING

A.E. Grigoriev, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – O.Yu. Maryasin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

In this paper we consider various tools for modeling mobile robots. They allow you to solve a variety of tasks related to motion control of mobile robots.

Keywords: *mobile robot, robot control, MRSim, RMTool, V-REP.*

При изучении материала, связанного с управлением движением мобильных роботов, а также при их проектировании, удобно использовать различные инструменты моделирования. С их помощью могут быть решены такие задачи как предварительное тестирование алгоритмов управления мобильным роботом, сравнение различных алгоритмов управления мобильным роботом, проверка алгоритмов группового взаимодействия мобильных роботов, настройка параметров алгоритмов управления и другие.

В данной статье рассматривается несколько различных инструментов моделирования мобильных роботов. Так как многие задачи управления мобильными роботами используют развитый математический аппарат и требуют интенсивных вычислений, то часто, для облегчения реше-

ния таких задач используются математические пакеты программ. Поэтому некоторые из представленных инструментов моделирования реализованы в среде MATLAB. Одним из таких инструментов является MRSim [1].

MRSim позволяет моделировать движение группы мобильных роботов в ограниченном двумерном пространстве. MRSim включает два независимых приложения. Первое (simedit), позволяет создавать и изменять виртуальную среду, редактировать алгоритмы управления роботами, загружать и сохранять результаты моделирования. Второе приложение (simview) позволяет наблюдать за процессом моделирования. Внешний вид данного приложения показан на рис. 1.

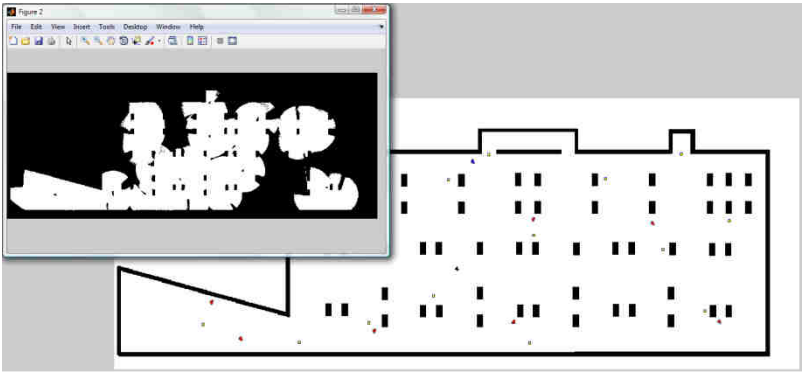


Рис. 1. Внешний вид MRSim в режиме моделирования

В MRSim моделируется движение популярной конструкции мобильных роботов на базе двухколесного шасси. Каждый робот в MRSim может быть оснащен несколькими датчиками расстояния и управляться собственным алгоритмом управления. Роботы в MRSim движутся в двумерном виртуальном пространстве, ограниченном изображением стен и препятствий. Черно-белая карта виртуального пространства может быть подготовлена в любом графическом редакторе и загружена в MRSim. Алгоритм управления роботов должен, на основании показаний датчиков, обеспечивать огибание стен и препятствий и исключать столкновение с другими роботами.

Сильной стороной MRSim является возможность моделирования коммуникаций между роботами. При этом можно настраивать дальность связи и тип коммуникации: локальный, когда робот может связаться только со своими непосредственными соседями, и с переадресацией, когда робот может связаться со всеми роботами, используя соседних робо-

тов в качестве ретрансляторов. Коммуникации позволяют реализовывать различные алгоритмы группового управления мобильными роботами.

Другим популярным инструментом моделирования движения мобильных роботов на базе MATLAB является RMTool [2]. RMTool позволяет планировать и моделировать движение одиночного мобильного робота в ограниченном двумерном пространстве (рис. 2).

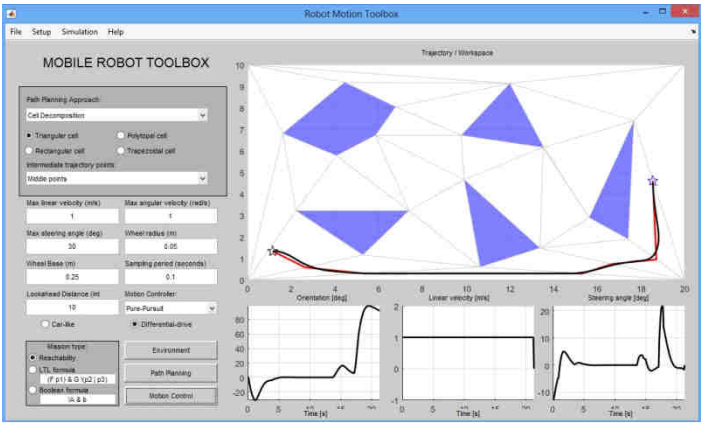


Рис. 2. Главное окно MRTool

Работа с RMTool включает три основных этапа. На первом этапе, с помощью простейших манипуляций с мышкой, в рабочей области подготавливается виртуальная двумерная среда и задается начальная и конечная точка траектории движения робота. Закрашенные участки рабочей области обозначают препятствия. На втором этапе производится планирование траектории движения мобильного робота. В системе доступны четыре варианта планирования: разбиения на ячейки (cell decomposition), граф видимости, диаграмма Воронова и ручной. Первые три варианта представляют собой алгоритмы построения кратчайшего пути в двумерном пространстве. В результате планирования получаем оптимальную или допустимую траекторию движения мобильного робота. На третьем этапе производится моделирование движения мобильного робота по заданной траектории с учетом его кинематики и динамики.

Из инструментов, не использующих MATLAB, стоит рассмотреть среду V-REP [3]. V-REP предоставляет удобный интерфейс для визуализации действий робота в трёхмерном виртуальном пространстве (рис. 3). В данном симуляторе уже присутствуют готовые модели многих промышленных и мобильных роботов, а кроме того есть возможность создания своих моделей из существующих компонентов.

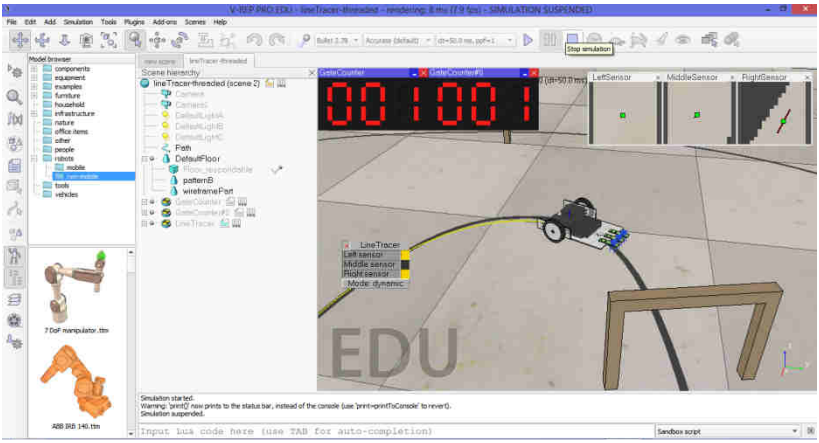


Рис. 3. Главное окно V-REP

Симулятор поддерживает несколько вариантов программирования. В поставке с симулятором идут библиотеки для удаленной работы с V-REP для популярных языков программирования (C/C++, Python, Java, MATLAB, Octave, Lua).

Таким образом, рассмотренные инструменты позволяют решать самые разнообразные задачи, связанные с управлением движением мобильных роботов. При этом пользователю нет необходимости иметь физический доступ к реальному роботу, что позволяет значительно сэкономить его время и деньги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MRSim - Multi-Robot Simulator v1.0 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www2.isr.uc.pt/~micaelcouceiro/media/help/helpMRSim.htm (дата обращения: 23.02.2018).

2. RMTool webpage [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://webdiis.unizar.es/RMTool/ (дата обращения: 23.02.2018).

3. Coppelia Robotics V-REP: Create. Compose. Simulate. Any Robot [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.coppeliarobotics.com/index.html (дата обращения: 23.02.2018).

УДК 697.341

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ В СИСТЕМЕ ANYLOGIC С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНЕШНЕЙ БИБЛИОТЕКИ JAVA

И.Ю. Неуступов, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – О.Ю. Марьясин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено использование внешней библиотеки Java для расширения возможностей моделирования в системе AnyLogic. Это позволяет реализовать в компьютерной модели AnyLogic различные алгоритмы автоматического управления.

Ключевые слова: *энергосбережение, AnyLogic, Java, ПИД-регулятор.*

MODELING ENERGY CONSUMPTION OF THE BUILDING IN THE ANYLOGIC SYSTEM USING THE EXTERNAL JAVA LIBRARY

I.Yu. Neustupov, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – O.Yu. Maryasin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article describes how to use of the external Java library for expanding modeling capabilities in the AnyLogic system. This makes it possible to implement various automatic control algorithms in the AnyLogic model.

Keywords: *energy saving, AnyLogic, Java, PID controller.*

Современная система управления инженерным оборудованием здания, включающая в себя множество технических устройств, а также взаимодействующих с ней людей, представляет собой сложную человеко-машинную систему. Определение состава и значений характеристик такой сложной системы невозможно без проведения исследований различных режимов функционирования входящих в нее подсистем и всей системы в целом. Так как проведение натурных экспериментов на действующей системе является весьма затратным, а часто вообще невозмож-

ным, то для этого необходимо использовать компьютерное имитационное моделирование.

Ранее для анализа энергопотребления и функционирования инженерного оборудования здания, с участием одного из авторов, была разработана компьютерная модель в системе AnyLogic [1]. Одной из основных причин, из-за которой была выбрана система AnyLogic, это то, что она включает пешеходную библиотеку для моделирования движения пешеходов (людей) в физическом пространстве. Пешеходная библиотека AnyLogic позволяет наглядно визуализировать моделируемый процесс с помощью анимации, исследовать функционирование системы при различном уровне человекопотока и определять время пребывания людей в каких-то определенных участках модели.

В основе компьютерной модели лежит поэтажный план реального здания. Фрагмент модели в процессе имитации в системе AnyLogic 8 показан на рис. 1.

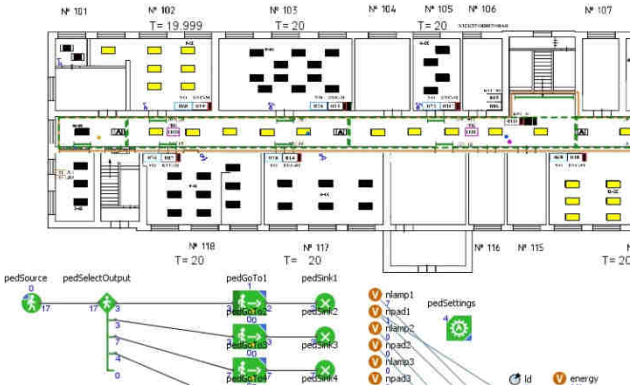


Рис. 1. Фрагмент модели в процессе имитации в системе AnyLogic 8

Здесь показана часть плана 1 этажа здания, включающая помещения и главный коридор. Вся область, по которой движутся пешеходы, разделена на зоны. Каждой зоне соответствует своя группа светильников, управляемая от одного контроллера освещения. При попадании пешеходов в зону, срабатывает датчик движения и зажигается соответствующая группа светильников. Пешеходы, попавшие в помещения могут задерживаться там на различное время, включать различные офисные или бытовые электроприборы. Работа системы электроснабжения здания моделировалась с помощью средств пешеходной библиотеки, программирования на языке Java и простых диаграмм состояний.

Моделирование микроклимата в помещениях производилось на основе уравнений теплового и материального баланса помещения, опи-

санных в работе [2] и выполнялось с помощью палитры компонентов “Системная динамика” системы AnyLogic. При этом учитывались бытовые тепло-, влаго- и газовыделения, связанные с людьми, работой оборудования и электроприборов.

Система управления отоплением, вентиляцией и кондиционированием (ОВК или HVAC, как ее называют на западе) здания должна регулировать расход тепла от отопительных приборов (радиаторов, конвекторов) и расход свежего воздуха так, чтобы обеспечить требуемый микроклимат в помещениях. При этом необходимо добиваться экономии тепла и электроэнергии, потребляемой при работе оборудования системы ОВК. Это возможно за счет использования специальных законов автоматического управления.

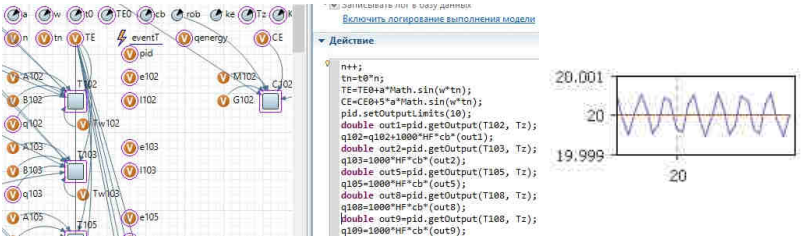
К сожалению, палитра компонентов AnyLogic не включает элементы, предназначенные для моделирования блоков систем автоматического управления, таких как регуляторы различного типа, наблюдатели, компенсаторы и другие. В этом отношении система AnyLogic значительно уступает таким пакетам как MATLAB и пакетам, основанным на языке Modelica. Реализовать необходимые алгоритмы автоматического управления в AnyLogic можно на языке Java. Однако разрабатывать большие фрагменты кода непосредственно в среде AnyLogic довольно затруднительно и неудобно. Гораздо удобнее это делать в интегрированных системах разработки (IDE), таких как NetBeans или Eclipse.

Авторы предлагают для реализации различных алгоритмов автоматического управления использовать возможность системы AnyLogic обращаться к внешним библиотекам классов Java. В этом случае разработку кода алгоритмов управления можно производить в одной из упомянутых IDE, а скомпилированную библиотеку в виде файлового архива Java (.jar) подключать к системе AnyLogic.

Авторами была разработана Java библиотека mcontrol, включающая класс MPID, реализующий классический параллельный ПИД-регулятор. Данный класс включает группу методов для настройки регулятора: setP, setI, setD – для ввода отдельных настроек ПИД-регулятора, set Setpoint – для ввода значения задания, set Output Limits – для ввода ограничений на выход регулятора. Главным методом класса MPID является метод getOutput, возвращающий выход регулятора и реализующий алгоритм ПИД-регулятора на основе текущего значения регулируемой переменной и задания.

Для подключения внешней Java библиотеки к системе AnyLogic необходимо добавить ссылку на эту библиотеку в секции Зависимости панели свойств модели. Кроме того, в модели AnyLogic необходимо создать переменную, например pid, типа mcontrol.MPID, а в качестве начального значения этой переменной ввести команду создания экземпляра

класса – new mcontrol.MPID (Kp, Ti, 0). После этого внутри функций и событий AnyLogic можно обращаться к методам класса MPID, например, вызывать метод get Output, как показано на рис. 2, а. Точность поддержания температуры в помещении относительно заданного значения 20 °С, с использованием ПИД-регулятора, можно оценить по графику на рис. 2, б.



а) б)

Рис. 2. Использование ПИД-регулятора в модели Any Logic:
а) обращения к методу get Output класса MPID в событии event;
б) график изменения температуры в помещении относительно задания

Таким образом, в работе показано как можно расширить возможности моделирования в системе AnyLogic за счет использования внешних Java библиотек. Кроме того, разработанную авторами библиотеку можно использовать с любыми приложениями, написанными на языке Java. Авторы планируют дополнить ее другими алгоритмами автоматического управления, в том числе реализующими оптимальное, адаптивное и прогнозирующее управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Марьясин О.Ю.* Имитационное моделирование и оптимизация энергопотребления офисного здания / О.Ю. Марьясин, А.А. Огарков // Электронный сборник трудов Восьмой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2017)». 2017. С. 480-484.
2. *Колодкина А.С.* Комплексное моделирование переноса тепла, влаги и газовых примесей для управления микроклиматом в здании / А.С. Колодкина, А.А. Огарков, О.Ю. Марьясин // Сборник трудов “Математика и естественные науки. Теория и практика”: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 10. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2015. С. 145-154.

УДК 697.34

ПРИЛОЖЕНИЕ MATLAB ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ЗДАНИЙ

А.А. Огарков, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – О.Ю. Марьясин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена задача энергоэффективного управления тепловым режимом зданий. Для решения этой задачи в среде MATLAB было разработано автономное приложение. Разработанное приложение может использоваться при управлении тепловым режимом зданий.

Ключевые слова: *энергосбережение, микроклимат, MATLAB, Simulink, OPC Toolbox*

MATLAB APPLICATION FOR MANAGING THERMAL MODE IN BUILDINGS

A.A. Ogarkov, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – O.Yu. Maryasin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This paper considered the problem of energy-efficient control of the thermal regime of buildings. To solve this problem, a standalone application was developed in the MATLAB environment. The developed application can be used for optimal control of the thermal regime of buildings.

Keywords: *energy saving, indoor environment, MATLAB, Simulink, OPC Toolbox*

Одной из основных причин больших энергетических потерь в области ЖКХ является низкая автоматизация существующих систем теплоснабжения зданий, не позволяющая производить погодозависимое, оптимальное управление теплоснабжением с учетом индивидуальной тепловой инерционности зданий. Индивидуальные тепловые пункты (ИТП), широко внедряемые сегодня при строительстве новых и реконструкции старых зданий, позволяют сэкономить значительное количество тепла, за

счет учета изменения температуры воздуха снаружи здания, и даже учесть индивидуальные характеристики здания. Но они не позволяют найти оптимальный режим энергоснабжения, при котором бы обеспечивались требуемые параметры микроклимата здания при минимуме энергозатрат.

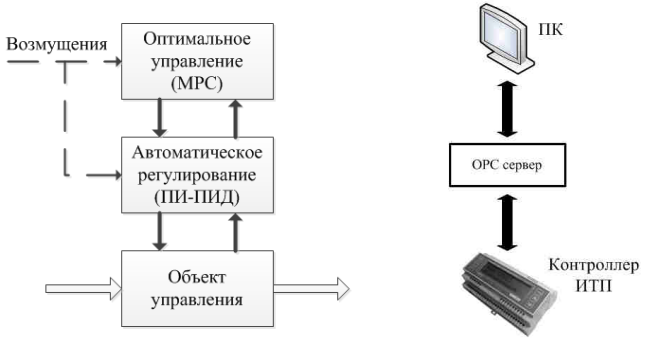
Системы управления ИТП, в большинстве случаев, используют жестко-конфигурируемые контроллеры систем отопления и горячего водоснабжения типа Danfoss ECL Comfort, ОВЕН ТРМ132 и другие. Они просты и удобны в применении, но реализуют лишь простейшие алгоритмы автоматического управления. ПЛК или свободно-программируемые контроллеры в системах управления ИТП сегодня применяются довольно редко и их использование, как правило, ограничивается не типовыми случаями. Но даже при использовании ПЛК или свободно-программируемые контроллеров могут возникнуть проблемы при реализации алгоритмов оптимального или адаптивного управления из-за их высокой сложности и высоких требований к вычислительным ресурсам.

Решением указанной проблемы может быть использование двухуровневого подхода, представленного в работе [1]. В этом случае, система управления тепловым режимом здания будет включать два уровня иерархии. На верхнем уровне решается задача определения оптимального количества тепла, необходимого для поддержания требуемого теплового режима здания. В результате ее решения определяется параметры теплоносителя, которые передаются на нижний уровень управления. На нижнем уровне решается задача получения количества тепла в соответствии с заданным значением, полученным от верхнего уровня. Этот подход описывается схемой показанной на рис. 1.

Техническая реализация данного подхода поясняется схемой, показанной на рис. 2. Здесь на нижнем уровне находится ИТП, для управления которым может использоваться как жестко-конфигурируемый, так и ПЛК или свободно-программируемый контроллер. Главным условием применения является возможность дистанционного обмена информацией с контроллером, в том числе изменения уставок (заданий контуров регулирования). Для связи контроллеров с верхним уровнем традиционно используется OPC-сервер. Верхний уровень системы реализуется на базе промышленного или персонального компьютера (ПК) имеющего достаточные ресурсы для запуска приложений, выполняющих сложные математические расчеты.

Разработка программного обеспечения (ПО), реализующего функции оптимизации и оптимального управления это довольно сложная задача и требует высокой квалификации разработчика. Поэтому на практике для реализации указанных возможностей используют специальные

математические пакеты, а также различные библиотеки функций, включающие решатели задач математического программирования, такие как CPLEX, GUROBI, IPOPT и другие.



а) **б)**

Рис. 1. Двухуровневый подход к управлению теплоснабжением:
а) двухуровневая схема оптимального управления;
б) двухуровневая структура технических средств

Авторы предлагают, для решения задачи разработки ПО, включающего функции оптимального управления, воспользоваться возможностью пакета MATLAB по созданию автономных приложений [2]. Интерфейс разработанного авторами приложения показан на рис. 2.

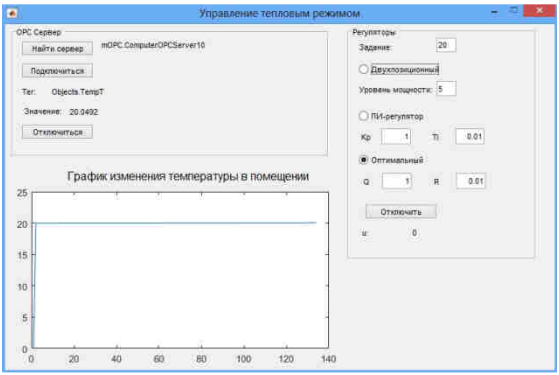


Рис. 2. Внешний вид приложения MATLAB

Разработанное приложение позволяет подключиться к определенному OPC-серверу и его тегам, просматривать изменение температуры в контрольном помещении, выбирать необходимый алгоритм управления и

его параметры. При выборе оптимального управления необходимо также ввести параметры модели объекта управления и запустить процедуру синтеза регулятора. Созданное приложение не требует установки на управляющий ПК дорогостоящего пакета MATLAB. Для его работы требуется только среда исполнения MCR, которая может свободно распространятся вместе с дистрибутивом приложения или скачиваться из интернета в процессе установки.

Для проверки работы разработанного приложения авторы использовали компьютерную модель теплового режима здания и системы теплоснабжения, показанную на рис. 3.

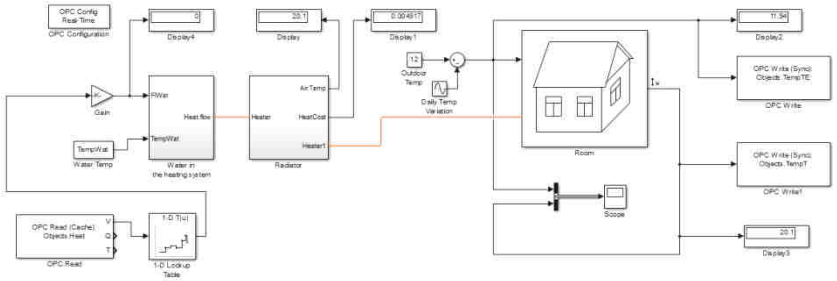


Рис. 3. Блок-диаграмма модели теплового режима с OPC-интерфейсом

Компьютерная модель представляет собой блок-диаграмму Simulink и имитирует нижний уровень системы управления и объект управления. Обмен данными с компьютерной моделью производится через OPC-интерфейс, реализованный средствами OPC Toolbox пакета MATLAB. Приложение верхнего уровня, без каких либо изменений, может работать через OPC-сервер как с реальной системой, так и с компьютерной моделью.

Разработанное приложение может применяться для управления тепловым режимом зданий, а также использоваться в учебном процессе при изучении систем оптимального управления техническими системами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Марьясин О.Ю.* Управление тепловым режимом зданий с использованием прогнозирующих моделей / О.Ю. Марьясин, А.С. Колодкина // Вестник СамГТУ. 2017. № 1 (53). С. 122-132.

2. *Смоленцев Н.К.* MATLAB. Программирование на C++, C#, Java и VBA. М.: ДМК Пресс, 2015. 498 с.

УДК 697.34

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ЗДАНИЙ В MODELICA

С.С. Фелисов, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – О.Ю. Марьясин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено моделирование систем управления микроклиматом и энергопотреблением зданий с использованием библиотеки BuildSysPro в системе Open Modelica. Разработанные модели могут использоваться при проектировании и расчете систем управления микроклиматом зданий.

Ключевые слова: *энергосбережение, микроклимат, Modelica, Open Modelica, BuildSysPro.*

SIMULATION OF CLIMATE CONTROL SYSTEMS FOR BUILDINGS IN MODELICA

S.S. Felisov, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – O.Yu. Maryasin, Candidate of Technical sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article describes simulation of climate control systems and energy consumption of buildings using BuildSysPro library in the Open Modelica system. The developed models can be used in the design and calculation of climate control systems in buildings.

Keywords: *energy saving, indoor environment, Modelica, Open Modelica, BuildSys Pro.*

При оценке энергопотребления зданий, проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВК или HVAC, как их называют на западе), проектировании систем управления оборудованием ОВК часто возникает необходимость разработки математических и компьютерных моделей. Анализ зарубежных научных источников показывает, что, в настоящее время, для решения этой задачи все чаще используются системы моделирования на основе языка Modelica [1].

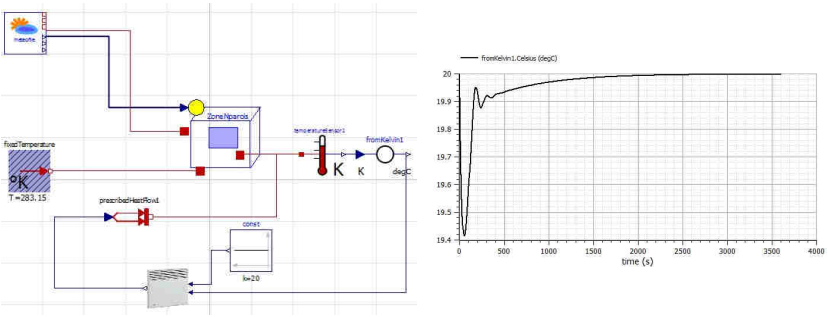
Язык Modelica разработан и поддерживается некоммерческой организацией Modelica Association [2]. Существует множество как коммерческих, так бесплатных систем моделирования, основанных на языке Modelica, таких как Dymola, SimulationX, MapleSim, Wolfram System Modeler, Open Modelica, JModelica и другие. На данный момент на базе Modelica создано большое количество различных библиотек. Имеется ряд специальных библиотек, предназначенных для моделирования энергопотребления и микроклимата зданий. Среди них наиболее известны библиотеки: Annex 60, Buildings, Building Systems, AixLib, IDEA, IBPSA, BuildSysPro.

Библиотека Annex 60 была разработана сообществом разработчиков в рамках одноименного проекта. Проект Annex 60 был завершен в 2017 г. Наследником проекта стал проект BPSA Project 1 [3]. Целью данных проектов является создание свободно-доступных программных продуктов для проведения энергомоделирования и совместного моделирования различных систем на основе использования форматов IFC, CytyGML, интерфейса FMI и языка Modelica. На основе библиотеки Annex 60 различными сообществами разработчиков были разработаны библиотеки Buildings, Building Systems, AixLib, IDEA. В настоящее время библиотека Annex 60 преобразована в библиотеку IBPSA и является частью всех вышеперечисленных библиотек.

Библиотеки Buildings, Building Systems, AixLib, IDEA были разработаны для коммерческой системы Dymola. Недостатком этих библиотек является то, что они лишь частично поддерживаются такими свободно-доступными системами как Open Modelica. В отличие от этих библиотек BuildSysPro является нейтральной к системам моделирования и полностью поддерживается средой Open Modelica. Библиотека BuildSysPro включает богатый набор элементов для моделирования передачи тепла через различные ограждающие конструкции, модели HVAC оборудования, модели элементов систем управления и многое другое.

Авторы использовали библиотеку BuildSysPro для разработки компьютерных моделей управления микроклиматом и энергопотреблением зданий. Основу разработанных моделей составляет модель зоны (помещения), включающая заданный набор ограждающих конструкций (стены, окна, потолок, пол) и учитывающая влияние наружной температуры, солнечной радиации и ветра. Для управления микроклиматом помещений использовались модели такого HVAC оборудования как электрические конвекторы, радиаторы водяного отопления, теплые полы и другие. В качестве вариантов системы управления использовались модели двух/трехпозиционных регуляторов, ПИД-регуляторов, регуляторов с “мертвой зоной”.

На рис. 1а представлен пример модели управления тепловым режимом помещения с использованием обогревателя.



а) **б)**

Рис. 1. Моделирование управления тепловым режимом помещения
а) модель; б) график изменения температуры в помещении

Основу модели на рис. 1а составляет блок ZoneNparois моделирующий одну зону здания (помещение или целое здание), включающую четыре стены, четыре окна, пол и потолок. Влияние на помещение наружной температуры, солнечной радиации и ветра учитывается с помощью блока meteofile, который включает ссылку на файл с метеоданными. Температура в помещении регулируется с помощью блока Joule Heating PI Controlled моделирующего обогреватель со встроенным ПИ-регулятором. Обогреватель регулирует поток тепла, поступающий в помещение таким образом, чтобы температура в помещении поддерживалась на заданном значении 20 °С. Переходный процесс изменения температуры в помещении показан на рис 1б.

Особое внимание авторы уделяли моделям, включающим несколько источников энергии и контуров управления, например, с одновременным использованием электрического обогревателя и радиаторов отопления, как показано на рис. 2. В этом случае, изучалось влияние различных контуров управления на работу друг друга, и определялись наиболее энергоэффективные параметры системы. Результаты численных экспериментов по модели показаны в табл. 1. Здесь P_1 и P_2 – мощности радиаторов отопления и электрического обогревателя, I_1 и I_2 – количество энергии, затраченное радиаторами отопления и электрическим обогревателем на обогрев помещения за время эксперимента, I_3 – критерий характеризующий качество управления микроклиматом помещения.

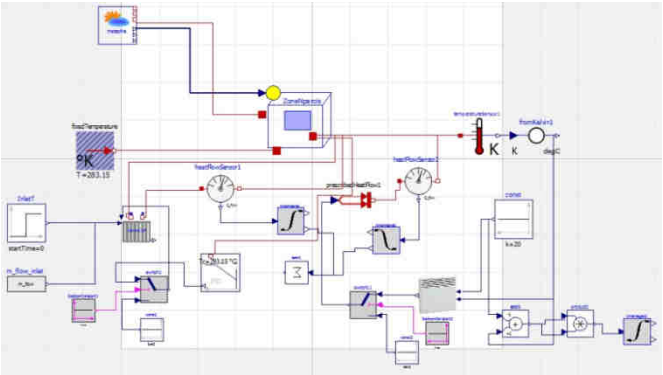


Рис. 2. Модель управления тепловым режимом помещения с двумя контурами управления

Таблица 1. Результаты численных экспериментов

P_1, Вт/ч	I_1, Вт	P_2, Вт/ч	I_2, Вт	Σ, Вт	I_3
5000	905.666	1000	1076.57	1982.24	0.07072
4000	974.140	900	971.121	1945.26	0.07007
3000	1043.34	800	864.571	1907.91	0.06924
2000	1112.42	700	758.166	1870.58	0.06808
1000	1101.84	600	770.068	1871.91	0.06684
900	1026.73	500	878.100	1904.83	0.08834
800	952.704	400	972.228	1744.93	0.38413

Из таблицы 1 видно, что наименьший расход эенргии и наилучшее качество управления микроклиматом имеет место при мощности радиаторов отопления равной 1000 Вт и мощности электрического обогревателя – 600 Вт.

Разработанные компьютерные модели могут использоваться при проектировании и расчете систем управления тепловым режимом зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Wetter M.* Modelica-based Modeling and Simulation to Support Research and Development in Building Energy and Control Systems // Journal of Building Performance Simulation. 2009. Vol. 2. P. 143-161.

2. Modelica and the Modelica Association [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.modelica.org/ (дата обращения: 09.02.2018).

3. IBPSA Project 1 BIM/GIS and Modelica Framework for building and community energy system design and operation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ibpsa.github.io/project1/index.html (дата обращения: 09.02.2018).

УДК 519.876.2

РАЗРАБОТКА ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МНОГОЗОННОГО ПРОЦЕССА НАГРЕВА ДВИЖУЩЕЙСЯ СРЕДЫ

О.Н. Дунаева, А.П. Харитонов

Научный руководитель – А.П. Харитонов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается разработка иерархической математической модели многозонного процесса, которая учитывает взаимосвязь зон нагрева, возникающую за счет перемешивания среды. Получена структура модели, ориентированная на компьютерную реализацию.

Ключевые слова: *математическая модель, многозонный процесс нагрева движущейся среды, иерархическая структура модели.*

EVELOPMENT OF THE HIERARCHICAL MODEL OF MULTI-ZONE HEATING PROCESS THE MOVING MEDIUM

O.N. Dunaeva, A.P. Kharitonov

Scientific Supervisor – A.P. Kharitonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The development of a hierarchical mathematical model of multizone process, which takes into account the relationship of the heating zones, which occurs due to the mixing of the medium, is considered. The structure of the model focused on computer implementation is obtained.

Keywords*: mathematical model, multi-zone heating process the moving medium, the hierarchical structure of the model.*

Многозонные процессы широко применяются в различных отраслях промышленности. Примерами таких процессов являются синтез основы лака в реакторе с индукционным обогревом, сушка движущихся текстильных материалов в шинном производстве и др.Для них характерно наличие нескольких зон нагрева, связанных потоками теплоносителей,

за счет чего возникает существенная взаимосвязь зон, которую необходимо учитывать при синтезе системы регулирования.

Для синтеза системы управления и анализа ее работы требуется математическая модель процесса. Её можно представить как связанные модели отдельных зон обработки и построить на основе тепловых и материальных балансов [1, 2].

Модель будем строить при следующих допущениях: пренебрегаем материальными потерями; свойства веществ, такие как плотность, теплоёмкость, постоянны; процесс теплоотдачи от стенки к среде происходит при постоянных условиях; геометрические размеры аппаратов считаем постоянными; принимаем для отдельных зон модель идеального перемешивания.

Рассмотрим построение модели на нескольких взаимосвязанных уровнях. Первый уровень математического описания образуют модели элементарных процессов, таких как переноса тепла с потоком среды, теплоотдача от стенки, накопление тепла в объеме нагреваемой среды и т. д. Описание этих процессов основывается на термодинамических, гидравлических, механических и других законах. Примеры структурных схем для отдельных процессов представлены на рис. 1.

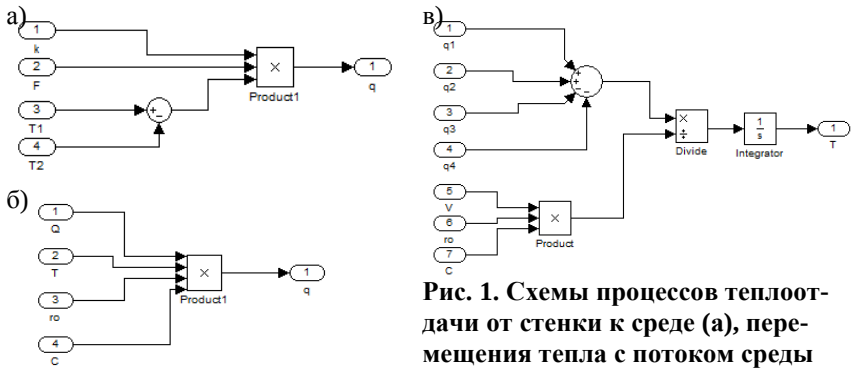


Рис. 1. Схемы процессов теплоотдачи от стенки к среде (а), перемещения тепла с потоком среды (б), накопления тепла в объеме среды (в)

На следующем уровне формируется описание процесса для зоны нагрева, путем объединения отдельных элементарных процессов с учетом структуры материальных и тепловых потоков. На рис. 2 представлен пример структурной схемы внутренней зоны нагрева, связанной с двумя соседними зонами.

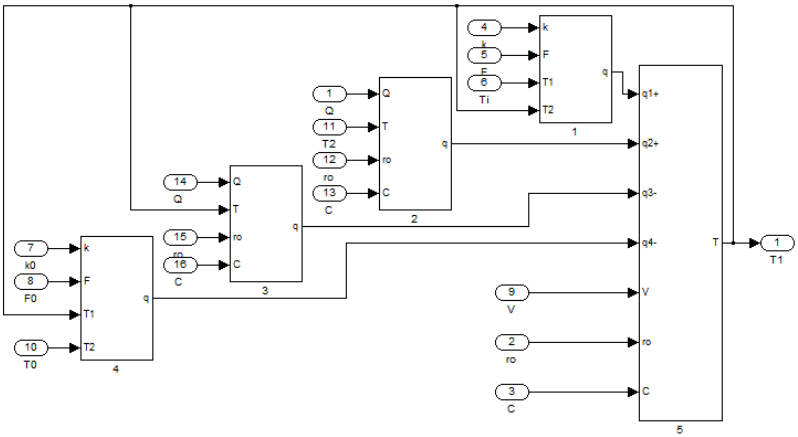


Рис. 2. Структурная схема зоны нагрева

Зоны связаны между собой за счет теплообмена и перемещения нагреваемой среды (перемешивание). Следовательно, на уровне аппарата математическое описание можно получить объединением моделей отдельных зон. На рис. 3 представлена структурная схема трехзонного процесса с последовательным соединением зон и перемешиванием нагреваемой среды.

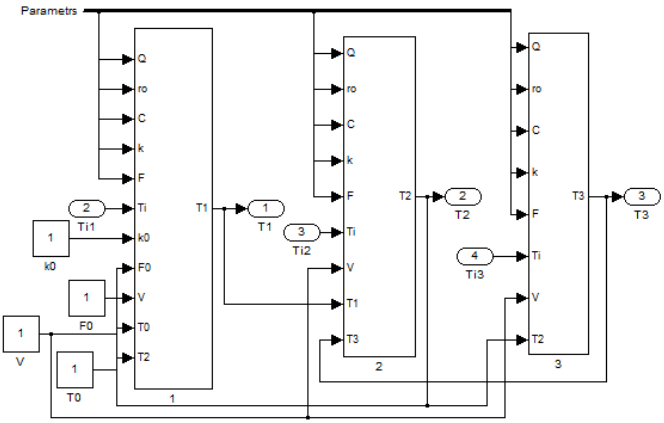


Рис. 3. Структурная схема трехзонного процесса с перемешиванием нагреваемой среды

Верхний уровень математической модели соответствует описанию системы регулирования. Математическая модель аппарата дополняется блоками регуляторов и других необходимых функциональных устройств. На рис. 4 представлена структурная схема системы регулирования с компенсацией перекрестных связей объекта регулирования.

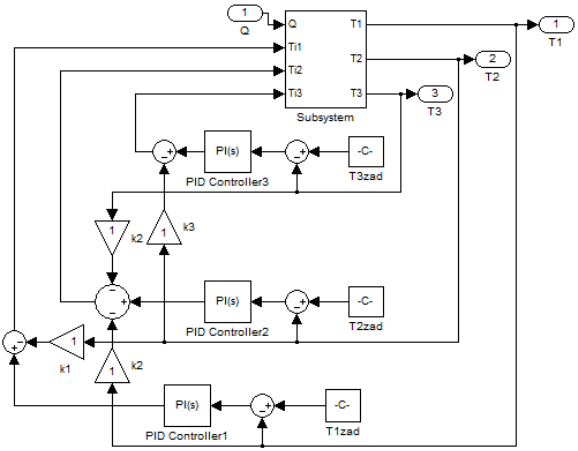


Рис. 4. Структурная схема системы регулирования с компенсаций внутренних связей объекта

Таким образом, разработана четырехуровневая математическая модель многозонного процесса, ориентированная на реализацию средствами современных прикладных программных пакетов. Модель может быть использована для анализа динамических характеристик объекта, для синтеза АСР и анализа ее работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дунаева О.Н.*/ Управление температурными режимами многозонных объектов с существенным взаимным влиянием зон / Семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием; ЯГТУ. Ярославль, 2016. С. 237-240. URL:http://www.ystu.ru/download/2_Sbornik_materialov_70_Conf_2017.pdf

2. Моделирование стадий процесса синтеза основы лака / В.Е. Кузнецова, Е.А. Комиссарова, О.Н. Курзенева, А.П. Харитонов // Шестьдесят девятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием сборник материалов конференции. Электронное издание. Ярославский государственный технический университет, 2016. С. 640-643.
URL: http://www.ystu.ru/download/Sbornik_materialov_69_Conf_2016.pdf

УДК 681.518

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ПРОДУКЦИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ЛАКА

В.Ю. Жарехина, А.П. Харитонов

Научный руководитель – А.П. Харитонов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе показано построение информационной системы, путем последовательного создания концептуального представления, структуры данных и логических моделей на базе объектно-ориентированного подхода.

Ключевые слова: *автоматизированная информационная система, объектно-ориентированное проектирование, информационная модель.*

INFORMATION MODEL OF AUTOMATED SYSTEM OF CONTROL AND ACCOUNTING PRODUCTS IN THE LACQUER PRODUCTION PROCESS

V.Y. Zharekhina, A.P. Kharitonov

Scientific Supervisor – A.P. Kharitonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper shows the formation of information system by consecutive creation of conceptual representation, structure of data and logical models on the basis of object-oriented approach.

Keywords: *automated information system, object-oriented design, information model.*

Синтез основы лака является одним из основных процессов лакокрасочного производства. Он состоит из четырех стадий: подготовки сырья, синтеза основы лака, растворения основы лака и постановки лака на тип в смесителе, очистки лака и транспортировки его в цех-потребитель или на склад. Для получения продукта, соответствующего требованиям

регламента, необходим контроль состояния оборудования, параметров технологического режима, показателей качества сырья, компонентов и продукции на отдельных этапах реализации процесса, а также оперативная коррекция режима проведения процесса, состава и количества добавляемых компонентов.

В существующей на производстве системе автоматизации реализация этих функций основана на использовании технологических карт, которые заполняются вручную и хранятся только в бумажном варианте, что усложняет формирование отчетности, проверку правильности данных и решение других задач оперативного управления. Поэтому актуальной является разработка автоматизированной информационной системы для работы со всей необходимой информацией на основе электронного представления технологических карт. Такой подход дает возможность повысить эффективность принятия решений по контролю и управлению процессом за счет уменьшения количества ошибок и сокращения времени на ввод и обработку исходных данных, кроме того появляется возможность создания экспертной системы для поддержки принятия управленческих решений [1].

Для создания информационной системы необходима разработка её информационной модели с использованием методов объектно-ориентированного проектирования [2], основными этапами которого является формирование концептуального и логического представлений системы на различных уровнях.

Концептуальная модель (рис. 1). Основными задачами, относящимися к формированию и обработке технологических карт, являются:

- Создание технологической карты технологом при планировании производства партии лака: выбор оборудования, рецептуры, времени начала процесса и т.д. При этом технолог обращается к справочникам по оборудованию, компонентам, рецептурам и при необходимости вносит в них коррективы.
- В ходе процесса технолог получает информацию о фактической загрузке, температурном режиме, показателях качества на отдельных стадиях, простоях и аварийных ситуациях. Это необходимо для принятия оперативных решений по коррекции технологического режима процесса.
- Информация об уже завершенных процессах используется для формирования отчетов за различные периоды времени и обобщенной статистической информации, на базе которой можно генерировать рекомендации по повышению эффективности проведения процесса.
- Информация об основных технологических параметрах поступает с нижнего уровня системы управления.
- Ввод результатов контроля показателей качества осуществляется лаборантом через специализированный графический интерфейс.

• Для работы технологического персонала предусмотрен интерфейс, реализованный с помощью SCADA-системы на операторных панелях. Аппаратчик дозирования осуществляет ввод информации о загрузке компонентов в реактор и смеситель. Контроль за состоянием оборудования и температурным режимом ведется аппаратчиком синтеза. Аппаратчик растворения отвечает за ввод информации о состоянии технологического оборудования и добавках компонентов в смеситель.

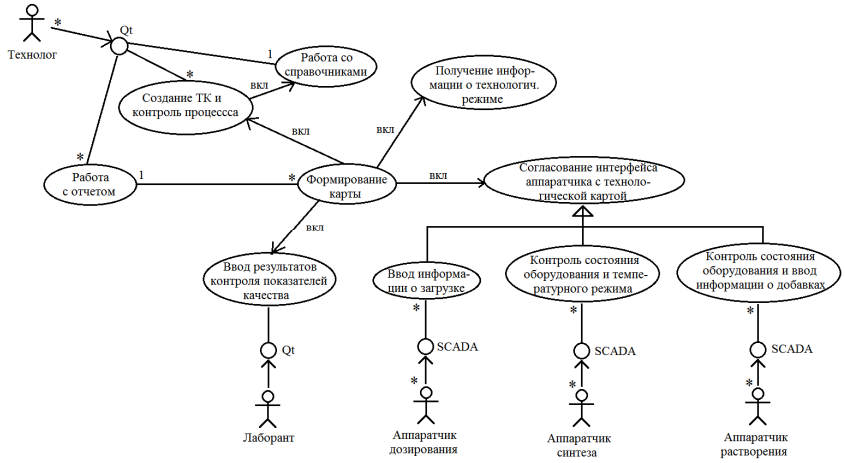


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Структура данных (рис. 2). В технологических картах содержится большой объем изменчивой информации, поэтому для её хранения рационально использовать базу данных.

Для хранения информации о технологических картах используются восемь основных таблиц: информация о технологической карте хранится в таблице TK; о сотрудниках, участвовавших в формировании и согласовании технологической карты – в таблице STK; о временных интервалах – в таблице Vremya; о плановом и фактическом графиках температурного режима – в таблицах PlanTR и FactTR соответственно; о загрузке – в таблице Zagr; о результатах контроля производства (лабораторных анализов) – в таблице Kontrol; о состоянии аппаратуры перед загрузкой – в таблице SostApp; о показателях органолептического контроля – в таблице OrgKontrol.

Также предусмотрены десять справочников: компонентов (Komp), оборудования (Oborud), типов оборудования (TipO), типов временных интервалов (TI), операций (Operacii), сотрудников (Sotrud), ролей сотруд-

ников (Roli), процентного содержания целевого компонента в партиях (PartK), показателей качества (Pokaz) и значений показателей качества (Znach) и 2 вспомогательные таблицы: расходные нормы (RN) и плановой загрузки по расходной норме (SostavPoRN), для организации связей.

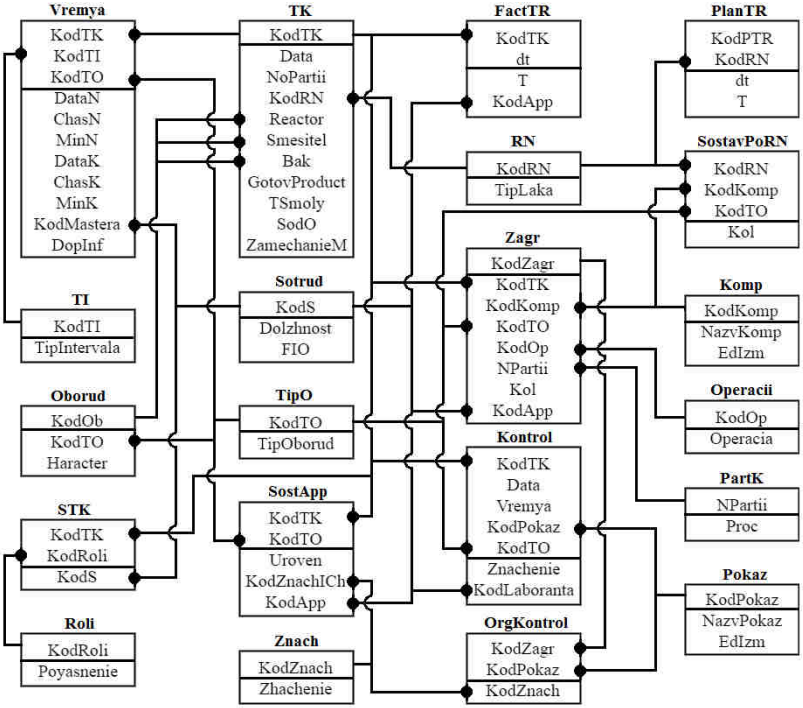


Рис. 2. Схема базы данных

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жарехина В.Ю.* Автоматизация контроля и учета продукции в процессе производства лака / В.Ю. Жарехина, А.П. Харитонов // Семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Часть 2. Ярославль, 2017. Режим доступа: http://www.ystu.ru/download/2_Sbornik_materialov_70_Conf_2017.PDF

2. *Буч Г.* Объектно-ориентированный анализ и проектирование. СПб.: Бином, Невский диалект, 1998.

УДК 681.518

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАСЧЁТА, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УЧЁТА УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ КАФЕДРЫ ВУЗА

С.А. Кравченко, А.П. Харитонов

Научный руководитель - А.П. Харитонов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлены результаты разработки концептуальной модели и модели данных, которые необходимы для реализации автоматизированной информационной системы распределения учебной нагрузки кафедры.

Ключевые слова: *автоматизированная информационная система, распределение учебной нагрузки, моделирование информационных процессов.*

INFORMATION MODEL OF THE PROCESS OF CALCULATION, DISTRIBUTION AND ACCOUNTING OF EDUCATIONAL LOAD OF THE DEPARTMENT OF THE UNIVERSITY

S.A. Kravchenko, A.P. Kharitonov

Scientific Supervisor – A.P. Kharitonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The results of the development of a conceptual model and a data model that are necessary for the implementation of an automated information system for the distribution of the academic load of the department are presented.

Keywords: *automated information system, distribution of training load, modeling of information processes.*

Деятельность ВУЗа включает большой объем организационной работы, связанной с реализацией комплекса информационных процессов, направленных на поддержку и обеспечение реализации требований федеральных государственных образовательных стандартов. Автоматизация информационных процессов и реализация их в форме автоматизированных информационных систем является обязательным условием осущест-

вления эффективной образовательной деятельности. Задача автоматизации распределения учебной нагрузки является одной из основных организационно-информационных функций. Её реализация должна строиться на базе единого информационного пространства ВУЗа. Существуют различные подходы к разработке и внедрению подобных систем [1]. Один из возможных вариантов основан на децентрализованном подходе на базе технологий Oracle XE и Oracle APEX [2].

Учебная нагрузка определяет объем учебной работы кафедры и от неё непосредственно зависит количество преподавателей, работающих на кафедре, объемы ставок этих преподавателей, формы занятости, то есть штатный состав кафедры. Исходная информация для распределения нагрузки поступает в систему из деканатов. Результат распределения нагрузки кафедры согласовывается с планово-финансовым управлением, штатный состав кафедры определяется после подтверждения заключения трудовых контрактов отделом кадров.

Система может быть функционально разделена на три крупные подсистемы: подсистема формирования кафедральной нагрузки, подсистема формирования штатного состава и подсистема распределения нагрузки. Первая подсистема отвечает за расчет объема часов по каждому виду занятия и по каждой дисциплине на основе нагрузки, полученной из деканатов, и нормативных данных по расчету затрат времени. Штатный состав формируется так, чтобы обеспечивался баланс между суммарной нагрузкой кафедры и плановым объемом работ всех преподавателей с учетом форм занятости и объема ставок. Распределение кафедральной нагрузки по преподавателям, в соответствие со штатным составом, осуществляется при помощи третьей подсистемы.

Рис. 1. Структура клиентской части системы

Для каждой подсистемы представим информационную модель в виде самостоятельной реляционной схемы. Для подсистемы работы со

штатным составом модель включает три основных таблицы для хранения информации о преподавателях, о трудоустройстве каждого преподавателя и о штатном составе кафедры, а также шесть справочных таблиц: «Учёная степень», «Учёное звание», «Форма работы», «Нормы», «Должности» и «Учебный год» (см. рис.2).

Рис. 2. Модель подсистемы работы со штатным составом

Модель подсистемы формирования кафедральной нагрузки включает четыре базовые таблицы для хранения информации: об объёмах работ, о дисциплине учебного плана, о нагрузке кафедры и об учебном плане с указанием шифра направления, формы обучения и года введения.

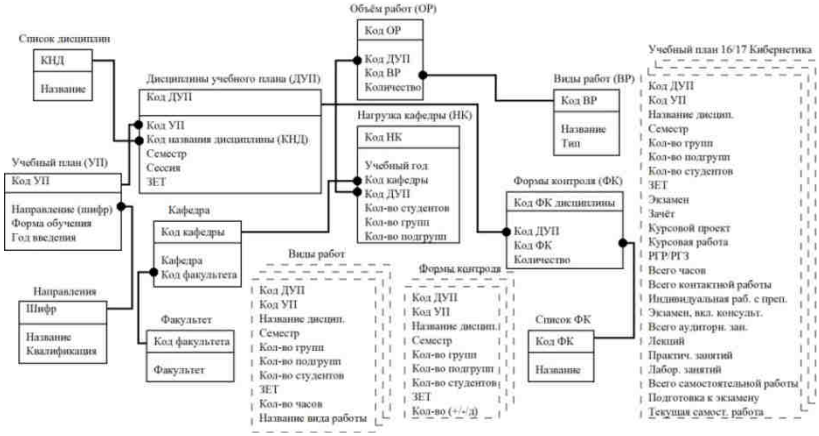


Рис. 3. Модель подсистемы формирования кафедральной нагрузки

Также предусмотрены справочные таблицы с данными об учебных направлениях, списком дисциплин, факультетов, кафедр, форм контроля, видах работ, и обзоры трех видов: «Учебный план» - для вывода данных

пользователю в сгруппированном виде, и вспомогательные – для отображения информации о видах работ и о формах контроля (см. рис 3).

Для подсистемы распределения нагрузки модель включает три базовые таблицы для хранения информации о нагрузке по дисциплинам, списке преподавателей и распределении нагрузки; обзоры четырёх видов: базовый (для вывода данных пользователю в сгруппированном виде) и три вспомогательных (для определения фактической нагрузки по преподавателям и по предметам и для сопоставления фактической и плановой нагрузки по предмету).

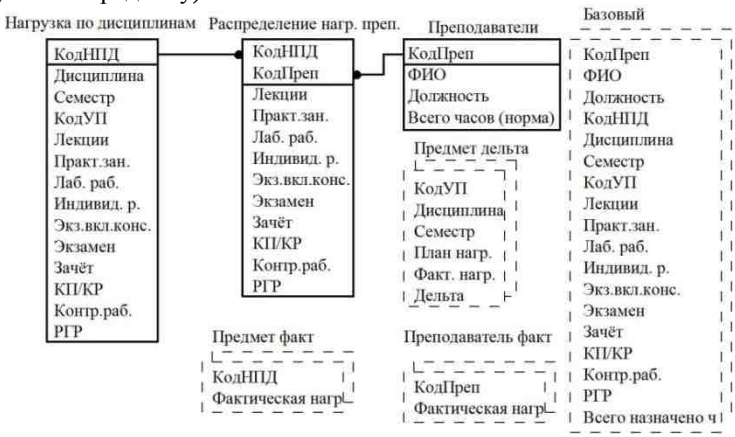


Рис. 4. Модель подсистемы распределения нагрузки

Таким образом, на основе полученной информационной модели системы можно переходить к её реализации, к созданию объектов хранения данных на сервере и к реализации элементов пользовательского интерфейса средствами выбранной среды разработки – Oracle APEX.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кравченко С.А.* Управление распределением учебной нагрузки кафедры ВУЗа на базе автоматизированного документооборота / С.А. Кравченко, А.П. Харитонов // Семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Сборник материалов конференции. Электронное издание. Ярославский государственный технический университет. 2017. С. 645-648. URL: http://www.ystu.ru/download/2_Sbornik_materialov_70_Conf_2017.PDF

2. Сайт компании Oracle [Электронный ресурс]. URL: http://www.oracle.com.

УДК 519.876.2

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛАКА

Л.А. Кучина, А.П. Харитонов

Научный руководитель - А.П. Харитонов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматривается задача повышения эффективности реализации процесса термической очистки газовых выбросов по экологическим показателям за счёт имеющихся ресурсов управления, связанных с возможностью координации работы отдельных стадий.

Ключевые слова: *термическая очистка газовых выбросов, математическая модель, управление с учётом экологических последствий.*

MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS THERMAL CLEANING GAS EMISSIONS IN THE PRODUCTION OF VARNISH

L.A. Kuchina, A.P. Kharitonov

Scientific Supervisor - A.P. Kharitonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This paper considers the problem of increasing the effectiveness of the implementation process thermal cleaning gas emissions for environmental performance within the existing resources of the office which are connected with the possibility of coordination of work of separate stages.

Keywords: *heat treatment of gas emissions, mathematical model, management taking into account environmental impact.*

Процесс производства лака состоит из нескольких стадий: хранение, загрузка и транспортировка компонентов, синтез основы лака, растворение основы и очистка лака. На каждой их них формируются вредные выбросы, которые должны пройти очистку перед попаданием в атмосферу. Для этого предназначен процесс термической очистки. Такие

процессы широко используются не только в лакокрасочной, но и в других отраслях промышленности для снижения негативных воздействий на окружающую среду. Эти процессы характеризуются большими энергозатратами и существенной нестабильностью основных технологических потоков, поэтому рациональная организация процесса требует эффективного управления технологическими режимами, следовательно разработка комплексных алгоритмов управления процессом термической очистки, учитывающих взаимосвязь различных стадий, является важной и актуальной задачей [1].

Для синтеза и анализа системы управления необходима математическая модель, которую посмотрим на основе балансовых соотношений с учётом следующих основных допущений: принимаем для отдельных зон модели идеального перемешивания; свойства веществ (плотность, теплоёмкость) считаем постоянными; пренебрегаем изменениями тепловых потерь; материальных потерь нет; геометрические характеристики аппаратов постоянны. Математическая модель будет включать в свой состав блоки описания нагрева среды и накопления компонентов, модель гидродинамики потоков и соотношения для описания кинетики взаимодействия компонентов газовых выбросов [2].

Запишем тепловые балансы в динамике. Изменение количества тепла будет равно разнице количества тепла в выходящем и входящем потоках.

Для первой зоны (сгорание топлива происходит в первой зоне):

$$V_1 \cdot \rho_1 \cdot C_1 \cdot \frac{dT_1}{dt} = G_g \cdot C_g \cdot T_g + G_v \cdot C_v \cdot T_v + G_{vb} \cdot C_{vb} \cdot T_{vb} + \\ + G_g \cdot Q_p - G_1 \cdot C_1 \cdot T_1 - k_{p1} \cdot F_{p1} \cdot (T_1 - T_{os}), \quad (1)$$

где G_g- расход газа; C_g- теплоёмкость газа; T_g- температура газа, G_v- расход воздуха; C_v- теплоёмкость воздуха; T_v- температура воздуха, G_{vb}- расход газовых выбросов; ρ_1- плотность смеси в первой зоне; C_{vb}- теплоёмкость газовых выбросов; T_{vb}- температура газовых выбросов, G_1- расход выходящей смеси; C_1- теплоёмкость выходящей смеси; T_1- температура выходящей смеси; k_{p1}- коэффициент теплопередачи для первой зоны; F_{p1} - площадь теплообмена первой зоны с окружающей средой; T_{os}- температура окружающей среды; Q_p- теплота сгорания топлива.

Для второй зоны (взаимодействия компонентов газовых выбросов происходят во второй зоне):

$$V_2 \cdot \rho_2 \cdot C_1 \cdot \frac{dT_2}{dt} = G_1 \cdot C_1 \cdot T_1 - G_1 \cdot C_1 \cdot T_2 - k_{p2} \cdot F_{p2}(T_2 - T_{os}), \quad (2)$$

где T_2- температура смеси во второй зоне; k_{p2}- коэффициент теплопередачи для второй зоны; F_{p2} - площадь теплообмена второй зоны с окружающей средой; ρ_2- плотность смеси во второй зоне.

Для теплообменной части аппарата:

$$V_{vg} \cdot \rho_{vg} \cdot C_1 \cdot \frac{dT_{vg}}{dt} = G_1 \cdot C_1 \cdot T_2 - G_1 \cdot C_1 \cdot T_{vg} - \\ -k_{p3} \cdot F_{p3} \cdot \left(T_{vg} - T_{os}\right) - k_p \cdot F_p \cdot \left(T_{vg} - T_v\right), \quad (3)$$

$$V_v \cdot \rho_v \cdot C_v \cdot \frac{dT_v}{dt} = G_v \cdot C_v \cdot T_{os} + k_p \cdot F_p \cdot \left(T_{vg} - T_v\right) - \\ -G_v \cdot C_v \cdot T_v, \quad (4)$$

где k_{p3}- коэффициент теплопередачи в окружающую среду; F_{p3} - площадь теплообмена с окружающей средой; T_{vg}- температура выходящих газов; k_p- коэффициент теплопередачи через поверхность теплообмена; F_p - площадь поверхности теплообмена; ρ_{vg}- плотность выходящих газов; ρ_v- плотность воздуха.

Используя материальный баланс, с учётом принятой схемы взаимодействия ксилола с кислородом получим выражение для концентрации ксилола во второй зоне аппарата:

$$\frac{dC_k}{dt} = \frac{1}{V_2} \cdot \left(Q_{vb} \cdot C_{k0} - Q_{vg} \cdot C_k\right) - K_k \cdot e^{b_k \cdot T_2} \cdot C_k^2, \quad (5)$$

где V_2 - объём во второй зоне; Q_{vb}, Q_{vg} - объёмный расход газовых выбросов и выходящих газов; C_{k0}, C_k - начальная и текущая концентрации ксилола; K_k, b_k- коэффициенты уравнения скорости химической реакции взаимодействия ксилола с кислородом.

Для расчёта концентраций оксидов азота, образующихся в результате сгорания топлива, существует несколько различных подходов [3]. С достаточной для решаемой задачи точностью кинетику процесса образования оксидов азота можно описать на основе обобщённого уравнения второго порядка. В результате для концентраций оксидов азота в аппарате получим:

$$\frac{dC_N}{dt} = -\frac{1}{V_2} \cdot Q_{vg} \cdot C_N + K_N \cdot e^{b_N \cdot T_2} \cdot \left(\left(C_N^{\text{p}}\right)^2 - C_N^2\right), \quad (6)$$

где C_N^p, C_N - равновесная и текущая концентрации оксида азота; K_N, b_N- коэффициенты уравнения скорости химической реакции образования оксидов азота.

На рис. 1 в качестве примера представлены результаты построения статических характеристик по основным каналам объекта. Они дают возможность анализировать влияние расхода газа и расхода газовых выбросов на температуру среды в первой и второй зонах и в теплообменной

части аппарата. Как видно из графиков, зависимости имеют нелинейный вид, следовательно, при изменениях технологического режима необходима коррекция параметров алгоритма управления (настроек регулятора) для обеспечения требуемых показателей качества переходных процессов.

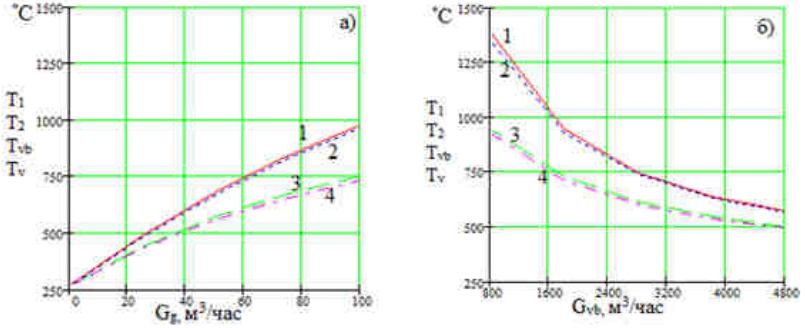


Рис. 1.Статические характеристики по каналам
а) $G_g \rightarrow T_1$, T_2, T_{vb}, T_v, б) $G_{vb} \rightarrow T_1$, T_2, Tvb, Tv при отклонении входных координат от исходного базового режима

Таким образом, получено математической описание процесса термической очистки газовых выбросов (уравнения (1) - (6)), которое может быть использовано для анализа статических и динамических режимов работы, для синтеза системы регулирования и для анализа её работы по основным каналам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование основных стадий процесса производства лака / А.О. Кулешова, Д.А. Румянцева, Л.А. Кучина, А.П. Харитонов [Электронный ресурс] // Шестьдесят девятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Режим доступа: http://www.ystu.ru/download/Sbornik_materialov_69_Conf_2016.pdf
2. *Кучина Л.А.* Управление термической очисткой газовых выбросов в процессе производства лака / Л.А. Кучина, А.П. Харитонов [Электронный ресурс] // Юбилейная семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ч. 2. Режим доступа: http://www.ystu.ru/download/2_Sbornik_materialov_70_Conf_2017.PDF
3. *Пашков Л.Т.* Основы теории горения: Учебное пособие. М.: изд-во Московского энергетического института, 2002.

УДК 531.78

МЕТОДИКА УПРОЩЕННОГО РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТА "СОПЛО-ЗАСЛОНКА"

Д.В. Абрамов, В.Л. Зудин, В.Е. Тюленев

Научные руководители – В.Л. Зудин, канд. техн. наук, доцент;
В.Е. Тюленев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе представлена простая и удобная методика графо-аналитического расчета основных параметров элемента "сопло-заслонка" при различных значениях влияющих величин.

***Ключевые слова**: элемент "сопло-заслонка", методика графоаналитического расчета.*

THE TECHNIQUE OF THE SIMPLIFIED CALCULATION OF THE ELEMENT "NOZZLE- FLAP"

Scientific Supervisors – V.L. Zudin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
V.E. Tyulenev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper presents a simple and convenient method of grapho-analytical calculation of the main parameters of the element "nozzle-flap" for various values of the influence quantities.

***Keywords:** the element "nozzle-flap", the technique of grapho-analytical calculation.*

Целью настоящей работы явилось создание простой и удобной методики графоаналитического расчета основных параметров элемента "сопло-заслонка" при различных значениях влияющих величин. К таким величинам отнесены внутренние диаметры постоянного (d) и переменного (dc) дросселей, диапазон входных перемещений заслонки (Δx), давление питания P0.

Значения изменений перемещения заслонки xн, xк и Δx могут быть вычислены либо аналитическим путем, либо с помощью диаграммы, приведенной далее. Диаграмма (рис. 1) содержит три графика (для на-

чального значения диапазона входных перемещений хн, конечного - хк и ширины = хк - хн диапазона) в зависимости от значений универсального параметра К и заданной относительной погрешности измерения (δу = ±1%). Диапазон изменения параметра К ограничен реальными значениями от 100 до 6400 (что соответствует изменению величины $\sqrt{K}$ от 10 до 80).

$$y = \frac{p}{p_0} = \frac{1}{1 + Kx^2}. \qquad (1)$$

где у – относительное выходное давление (у = р/р0); р – избыточное выходное давление элемента "сопло-заслонка); р0 – давление питания элемента; dc – диаметр отверстия сопла; d – диаметр отверстия постоянного дросселя; х – перемещение заслонки относительно сопла; К – универсальный параметр

$$K = 16d_{\text{с}}^2 / d^4. \qquad (2)$$

На основе данных, приведенных в работе [2], можно получить расчетные формулы для указанных величин хн , хк и Δх:

$$x_{\text{н}} = \frac{0,328579}{\sqrt{K}}; \quad x_{\text{к}} = \frac{0,826120}{\sqrt{K}}; \quad \Delta x = x_{\text{к}} - x_{\text{н}} = \frac{0,497541}{\sqrt{K}}. \qquad (3)$$

Диаграмма построена в соответствии с этими формулами. На ней представлены три кривые: для $x_н$, $x_к$ и Δx. Для их определения необходимо знать значение К либо, наоборот, по известным значениям хн, хк или Δх можно определить по одному из графиков величину $\sqrt{K}$ и возвести её в квадрат. После этого можно вычислять значения диаметров dc и d.

На диаграмме следует найти точки пересечения перпендикуляра, восставленного из точки на оси абсцисс (например, для $\sqrt{K}$ =19,9), с линиями $x_н$, $x_к$ и Δx. Они в данном случае составляют 0,0165, 0,0414 и 0,0250 соответственно. Таким образом, с учетом хн перемещение заслонки на участке с линейной характеристикой составляет от $x_н$ до $x_к$, (т.е. $\Delta x = x_к - x_н$ = 0,0414 - 0,0165 = 0,0249 мм = 24,9 мкм).

Проверка показывает, что расчетные теоретические значения и значения, полученные по диаграмме, отличаются друг от друга лишь в третьем-четвертом знаке после запятой. Представляется, что такие погрешности вполне допустимы для ориентировочных инженерных расчетов.

Полученные выше результаты теоретического анализа позволяют выполнить основные варианты расчетов характеристик элемента "сопло-заслонка" в зависимости от имеющихся исходных данных и целей расчёта без использования сложных и длительных вычислений.

Поскольку величина диапазона Δу относительного давления однозначно связана с величиной погрешности δу, приведенные далее расчеты

относятся лишь к одному из значений этой погрешности (а именно δу = ±0,01) и соответствующих этому значению величин ун = 0,90256, ук = 0,59436 и Δу = 0,30819.

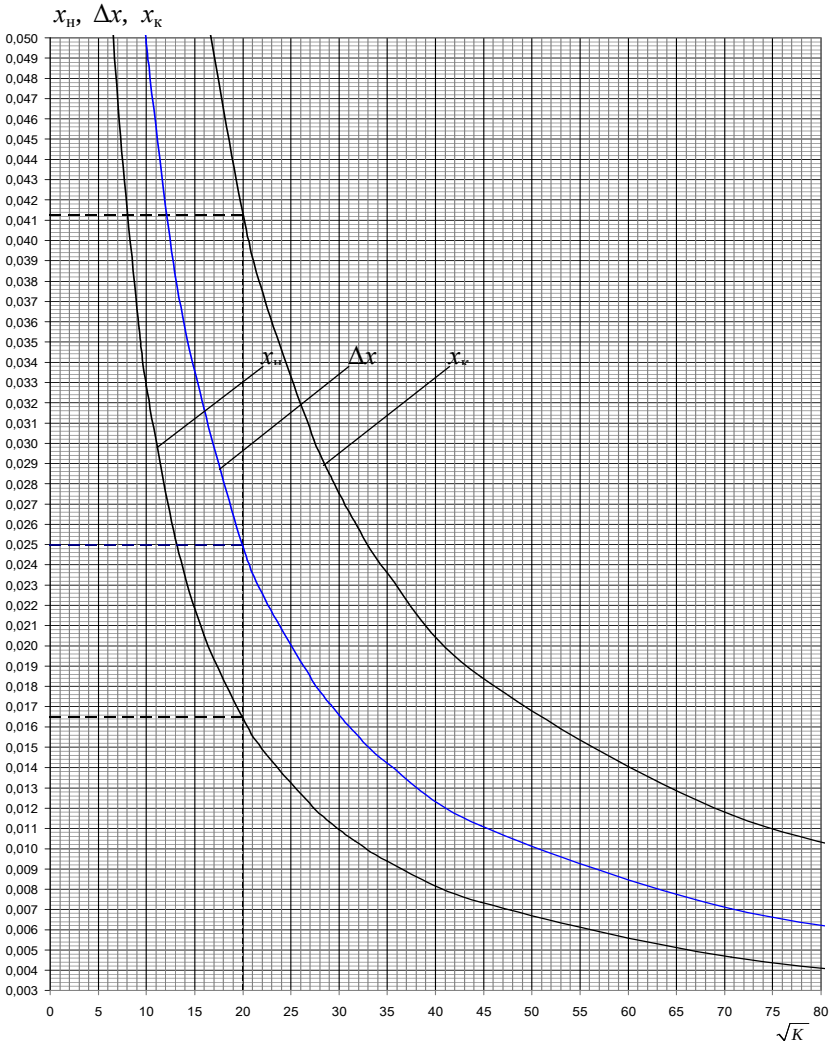


Рис. 1. Диаграмма для определения параметров линейного диапазона перемещения Δ*x* заслонки при заданных значениях √*K* и $\delta_у$ = ±1%

Таким образом, все погрешности, лежащие внутри диапазона Δy, будут меньше указанной, а в точке перегиба кривой она будет равна нулю. Напомним, что диаграмма, приведенная на рис. 1, построена для того же значения погрешности.

Разработанная диаграмма позволяет оперативно решать целый ряд практических задач, часть из которых перечислена ниже.

1. Определение ширины рабочего (линейного) диапазона перемещения заслонки Δx и выходной величины Δy при заданном значении параметра K и погрешности δ.

2. Определение значения параметра K при заданной погрешности δ = ±0,01) и ширине требуемого диапазона перемещений Δx.

3. Определение диаметров dc, d дросселей при заданном значении параметра K.

Зависимость между диаметрами дросселей dc, d и значением параметра K описывается приведенной ранее формулой (3а), из которой следуют соотношения, применимые для расчета диаметров дросселей при различных способах задания их диаметров (dc, d) или их равенстве

$$а)\ d_c = \frac{d^2}{4}\sqrt{K}; \quad б)\ d = \frac{2\sqrt{d_c}}{\sqrt[4]{K}}; \quad в)\ d = d_c = \frac{4}{\sqrt{K}}. \qquad (4)$$

Формулы (4, а) и (4, б) могут быть использованы для вычисления значений dc или d лишь при заданном значении второго диаметра; формула (4, в) применима при равенстве обоих диаметров. Поскольку значение K изменяется в весьма широком диапазоне, значения диаметров при больших величинах K может оказаться слишком малыми, чтобы дроссель мог использоваться в практических целях. Например, при K = 10000 ($\sqrt{K}$ =100) диаметр d составит лишь 0,04 мм.

Поэтому нужно иметь в виду, что значения каждого из диаметров дросселей dc и d обычно должны находиться в диапазоне от 0,4 до 1,2 мм. Это объясняется тем, что с увеличением диаметров увеличивается и расход (потребление) сжатого воздуха, а при уменьшении диаметров дросселей предъявляются повышенные требования к системе очистки воздуха.

В таких случаях желательно уменьшать K до значений, соответствующих максимальному диапазону перемещения Δx заслонки (в измерительных системах в большинстве случаев Δx = 0,05 мм). Пользуясь диаграммой (см. рис. 1), находим значение $\sqrt{K} \approx 6{,}6$, соответствующее диапазону Δx = 0,05 мм. Тогда при равенстве диаметров дросселей получим

$$d = d_c = \frac{4}{\sqrt{K}} = \frac{4}{6{,}6} \approx 0{,}6 \text{ мм}.$$

В большинстве случаев точность, получаемая при использовании диаграммы (см. рис. 1), вполне достаточна для ориентировочных инженерных расчетов. Кроме того, нахождение этих параметров при необходимости может дублироваться соответствующими аналитическими расчетами, хотя и снижает оперативность этих расчетов.

Основные выводы:

- на основе теоретического анализа разработана и построена диаграмма для определения диапазона изменения положения заслонки относительно сопла при заданной относительной погрешности $\delta y = 1$ %;

- разработана методика определения параметров элемента "сопло-заслонка" для разных ситуаций, встречающихся в практике измерений и расчета подобных элементов; приведены примеры расчетов;

- приведены варианты типовых расчетов основных характеристик и параметров элемента "сопло-заслонка".

В заключение отметим, что предложенная методика графоаналитического расчета может быть применена и для заданных соотношений коэффициентов расхода постоянного $\mu 1$ и переменного $\mu 2$ дросселей элемента "сопло-заслонка"; в этом случае приведенные на диаграмме кривые должны быть дополнены кривыми для различных отношений $\mu 1/\mu 2$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белов Г.В.* Анализ математической модели элемента "сопло-заслонка" / Г.В. Белов, В.Л. Зудин, В.Е. Тюленев [Электронный ресурс] // Юбилейная семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Часть 2. Режим доступа: http://www.ystu.ru/download/2_Sbornik_materialov_70_Conf_2017.PDF

2. *Ибрагимов И.А.* Элементы и системы пневмоавтоматики: Учебник для вузов / И.А. Ибрагимов, Н.Г. Фарзане, Л.В. Илясов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1985. 544 с.

3. Приборостроение и средства автоматики : Справочник, т. 2, кн. 1. М.; "Машиностроение", 1964.

УДК 531.78

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТА "СОПЛО-ЗАСЛОНКА"

Г.В. Белов, В.Л. Зудин, В.Е. Тюленев

Научные руководители – В.Л. Зудин, канд. техн. наук, доцент;
В.Е. Тюленев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье представлен анализ математической модели элемента "сопло-заслонка" с учётом допущений, наиболее часто применяемых в ориентировочных расчетах. В результате анализа выявлены характерные точки модели, позволяющие использовать простые графоаналитические методы расчета параметров элемента.

***Ключевые слова**: элемент "сопло-заслонка", математическая модель, характерные точки.*

THE ANALYSIS OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE ELEMENT "NOZZLE- FLAP"

Scientific Supervisors – V.L. Zudin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; V.E. Tyulenev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article presents an analysis of the mathematical model of the element "nozzle-flap" taking into account the assumptions most often used in the indicative calculations. The analysis revealed the characteristic points of the model, which allow using simple graph-analytical methods for calculating the parameters of the element.

***Keywords**: the element "nozzle-flap", a mathematical model, the characteristic point.*

Хотя роль пневматических приборов имеет в последнее время тенденцию к снижению в составе средств измерения, некоторые аспекты их использования остаются актуальными и до сих пор. В составе пневматических приборов наиболее часто используется элемент "сопло-заслонка" как измерительный преобразователь механического перемещения под-

вижной заслонки относительно неподвижного сопла в выходное давление сжатого воздуха. Такие преобразователи применяют практически во всех современных приборах пневмоавтоматики.

В статье анализируется математическая модель элемента "сопло-заслонка" с учётом допущений, наиболее часто используемых при ориентировочных расчетах элемента (постоянство температуры воздуха при истечении, несжимаемость среды, равенство коэффициентов расхода в обоих дросселях, отсутствие потерь давления). Целью анализа является выявление ряда характерных точек модели, позволяющих в дальнейшем использовать простые графоаналитические методы расчета параметров элемента.

Элемент (рис. 1) состоит из дросселя с постоянным проходным диаметром d (сечение S_1), междроссельной камеры МК, сопла с диаметром $d_с$ и заслонки. Сопло и заслонка образуют дроссель с переменным проходным сечением S_2. Таким образом, давление p (оно же – выходное давление $p_{вых}$ элемента "сопло-заслонка") в междроссельной камере зависит от зазора x между соплом и заслонкой.

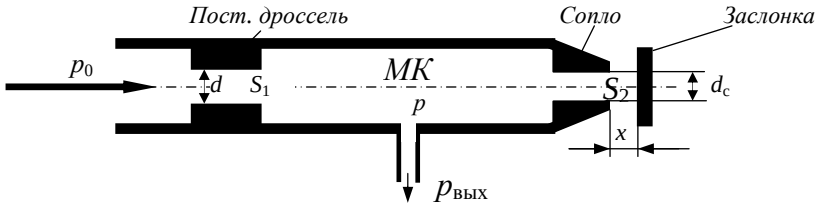


Рис. 1. Элемент "сопло-заслонка" (расчетная схема)

Зазор между соплом и заслонкой в измерительных пневмопреобразователях обычно составляет от 0,02 до 0,05 мм, давление питания – от 20…25 кПа до 100…140 кПа, диаметры отверстий постоянного и переменного дросселей – от 0,2 до 0,4…1,2 мм [3] в зависимости от расстояния между соплом и заслонкой и давления перед соплом при атмосферном давлении за соплом [5].

С учетом перечисленных выше допущений можно записать

$$\frac{p}{p_0} = \frac{S_1^2}{S_1^2 + S_2^2} = \frac{1}{1 + S_2^2 / S_1^2}. \qquad (1)$$

где p –давление в междроссельной камере; p_0 – давление питания.

Площадь сечения внутреннего канала постоянного дросселя составляет $S_1 = \pi d^2/4$, где d – диаметр отверстия постоянного дросселя. Площадь проходного сечения в кольцевом зазоре x между соплом и заслонкой определяется только боковой поверхностью цилиндра высотой x и диаметром отверстия $d_с$ сопла, т.е. $S_2 = \pi d_с \cdot x$, где x - расстояние между неподвижным соплом и подвижной заслонкой. Подставляя эти формулы в уравнение (1), получим

$$y = \frac{p}{p_0} = \frac{1}{1+\left(\pi d_c x\right)^2 / \left(\pi d^2 / 4\right)^2} = \frac{1}{1+16 d_c^2 x^2 / d^4} = \frac{1}{1+Kx^2}. \qquad (2)$$

где
$$K = 16 d_c^2 / d^4. \qquad (3)$$

Величина K, определяемая значениями диаметров d и d_c, является удобным универсальным параметром, поскольку позволяет в одном выражении сосредоточить все возможные реальные сочетания величин d и d_c. Поэтому целесообразно анализировать большинство дальнейших соотношений как функции именно этого параметра. Графики зависимостей $y = f(x)$, полученные для различных значений K, приведены на рис. 2.

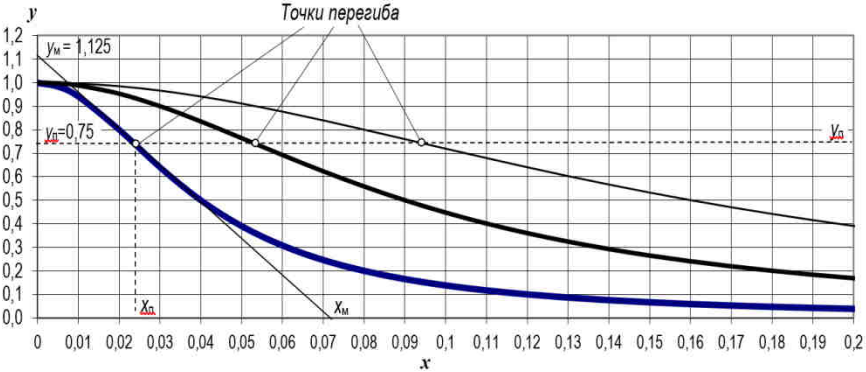


Рис. 2. К определению чувствительности датчика в точке перегиба и координат $y_м$, $x_м$, $y_п$ и $x_п$

Из анализа графиков видно, что на всех представленных кривых имеются участки, форма которых близка к линейной, что соответствует примерному постоянству значения чувствительности S. Именно эти участки (отрезки) определяют рекомендуемый диапазон измеряемых перемещений x, поэтому целесообразно вычислить их длину и локализацию на кривых аналитическим путем. Заметим, что при увеличении значения параметра K крутизна кривой увеличивается. Эта величина применительно к датчикам называется чувствительностью (обозначается S) и в общем случае представляет собой производную $y' = dy/dx$, т.е.

$$S = y' = -2Kx \Big/ \left(1+Kx^2\right)^2 = -2Kxy^2. \qquad (4)$$

Координаты точки перегиба кривой могут быть вычислены в результате дифференцирования уравнения чувствительности S, поскольку производная S' чувствительности представляет собой вторую производную y''. Приравнивание S' к нулю позволяет вычислить горизонтальную координа-

ту $x_п$ экстремума S и, соответственно, точки перегиба кривой $y = f(x)$. Для экстремума ($S' = 0$) можно записать биквадратное уравнение

$3K^2x_п^4 + 2Kx_п^2 - 1 = 0,$ решая которое, получим $x_п = 1/\sqrt{3K}$. (5)

Ордината $y_п$ точки перегиба (рис. 3) находится из подстановки полученного значения $x_п$ в уравнение (2): $y_п = 0{,}75$. (6)

Последнее выражение показывает, что значение ординаты $y_п$ точки перегиба кривой $y = f(x)$ не зависит от величины K. Таким образом, точки перегиба будут находиться на одинаковой высоте по отношению к оси абсцисс. Соответствующие построения приведены на рис. 2.

Выше было показано, что в точке перегиба $x_п = 1/\sqrt{3K}$ и $y_п = 0{,}75$, поэтому для уравнения (4) можно записать

$$S_п = -2Kx_п y_п^2 = -0{,}64954\sqrt{K}, \qquad (7)$$

где $S_п$ – чувствительность датчика в точке перегиба кривой.

Таким образом, чувствительность $S_п$ в заданных пределах линейного диапазона характеристики элемента "сопло-заслонка" зависит только от значения K. Касательная, проведенная к кривой $y = f(x)$ в точке перегиба, пересекает обе координатные оси. Определим эти точки пересечения, обозначенные на рис. 2 как $x_м$ и $y_м$.

Известно, что чувствительность любого измерительного элемента математически определяется отношением приращения выходной величины элемента как реакции на соответствующее изменение входной. С учетом этого из анализа построений на рис. 2 следует $S_п = (y_м - y_п)/x_п$ для точки перегиба. Из последнего соотношения с учетом формулы (6) получаем

$$y_м = x_п S_п + y_п = S_п/\sqrt{3K} + 0{,}75 = 1{,}125. \qquad (8)$$

Следовательно, для любой кривой, описываемой уравнением (2), ордината точки пересечения касательной, проведенной через точку перегиба, всегда составляет 1,125 единиц независимо от значения K (рис. 2).

Координата $x_м$ пересечения касательной с осью абсцисс находится из соотношения

$$x_м = y_м/S_п = \sqrt{3}/\sqrt{K}. \qquad (9)$$

Сравнивая значения $x_м$ и $x_п$, можно выявить простое соотношение между ними:

$$x_м = 3x_п. \qquad (10)$$

Для вычисления погрешности линеаризации на участке кривой вблизи точки перегиба следует сравнить значения функции (2) и уравнения аппроксимирующей прямой, проведенной через точку перегиба кривой. Получим аппроксимирующее уравнение, воспользовавшись уравнением прямой в отрезках: $x/a + y/b = 1$, где $|a|$ и $|b|$ - длины отрезков, которые прямая отсекает на осях абсцисс и ординат соответственно.

В рассматриваемом случае $a = x_м = 3x_п$; $b = y_м = 1{,}125$. Отсюда с учетом уравнения (5) можно записать уравнение аппроксимирующей прямой

$$y = 1{,}125\left(1 - x/3x_п\right) = 1{,}125\left(1 - x\sqrt{K}/\sqrt{3}\right). \qquad (11)$$

Напомним, что смысл всех приведенных выше операций заключается в выявлении возможности замены вычислений по формуле (2) вычислениями по формуле (11) в рабочем диапазоне изменения переменной x. Таким диапазоном обычно считают отрезок изменения x (т.е. перемещения заслонки относительно сопла), в пределах которого можно считать результаты вычислений по формулам (2) и (11) совпадающими (с заданной относительной погрешностью $\pm\delta_у$ по ординате). Последняя определяется по формуле $\delta_у = (y - y_{пр})/y = 1 - y_{пр}/y$, где y – результат вычислений по формуле (2), а $y_{пр}$ – по формуле (11). Целесообразно задавать $\delta_у = \pm 0{,}01$.

Аналитическое определение величины x приводит к необходимости решения кубического уравнения

$$\delta_у = 1 - y_{пр}/y = 1 - 1{,}125\left(1 + Kx^2\right)\left(1 - x\sqrt{K}/\sqrt{3}\right), \qquad (12)$$

Решение может быть выполнено либо аналитически, либо итерационными методами. Анализ показывают, что отклонения $y_н$ (начальное значение диапазона Δy) и $y_к$ (конечное значение) имеют постоянные значения независимо от величины K и определяются только величиной $\delta_у$.

Таким образом, в результате исследования уравнения статической характеристики выявлены следующие характерные точки и линии.

1. Ордината $y_п$ точки перегиба (рис. 2) имеет постоянное значение ($y_п$ = 0,75) независимо от значения параметра K и входящих в него величин.
2. Ордината точки пересечения всех касательных, проведенных через точку перегиба каждой кривой для уравнения (2) постоянна ($y_м$ = 1,125).
3. Абсцисса $x_м$ любой касательной, проведенной через точку перегиба кривой, вычисленной по уравнению (2), в три раза превышает значение абсциссы точки $x_п$ перегиба, т.е. $x_м = 3x_п$.
4. Значения $y_н$, $y_к$ и Δy определяются только величиной заданной погрешности $\delta_у$ и не зависят от значений величины K. Так, для $\delta_у = \pm 0{,}01$ они составляют: $y_н$ = 0,902556; $y_к$ = 0,594363, Δy = 0,308193.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ибрагимов И.А.* Элементы и системы пневмоавтоматики: Учебник для вузов / И.А. Ибрагимов, Н.Г. Фарзане, Л.В. Илясов. 2-е изд. М.: Высш. шк., 1985. 544 с.

2. Лепешкин, А.В., Михайлин, А.А. Гидравлические и пневматические системы. М.: Издательский центр "Академия", 2004. 336 с.

3. Прусенко, В.С. Пневматические датчики и вторичные приборы. М.-Л.: "Энергия", 1965. 192 с.

5. Справочник по средствам автоматики / Под ред. В.Э. Низэ и И.В. Антика. М.: Энергоатомиздат, 1983. 504 с.

УДК 621-529

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА SIEMENS MOTOR 1FT6 ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Г.В. Белов, В.Е. Тюленев

Научный руководитель – В.Е. Тюленев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье представлен анализ математической модели электропривода Siemens Motor 1FT6 при различных видах управляющих сигналов. В результате исследования выявлена оптимальная форма подачи сигнала, обеспечивающего требуемые характеристики работы привода.

Ключевые слова: *электропривод, математическая модель, Siemens Motor 1FT6.*

INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF ELECTRIC DRIVE SIEMENS MOTOR 1FT6 INDUSTRIAL ROBOTS

G.V. Belov, V.E. Tyulenev

Scientific Supervisor – V.E. Tyulenev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article presents an analysis of the mathematical model of the electric drive Siemens Motor 1FT6 for various types of control signals. As a result of the research, the optimal form of the signal giving the satisfactory operating mode of the drive was revealed.

Keywords: *electric drive, mathematical model, Siemens Motor 1FT6.*

Одной из основных сфер использования электроприводов является их применение в промышленных роботах. В статье рассматривается математическая модель электропривода Siemens Motor, входящего в состав промышленного робота DoBoTech CNC-Mini Portal, предназначенного для нанесения герметика на картер маховика двигателей ЯМЗ-530.

Целью исследования является изучение работы электропривода при различных режимах подачи управляющего сигнала, позволяющих определить оптимальные условия эксплуатации оборудования.

Промышленный робот работает в декартовой системе координат и имеет 3 степени подвижности, каждая из которых оснащена электроприводом Siemens Motor 1FT6.

В качестве механического преобразователя (рис. 1) используется передача зубчатое колесо – зубчатый ремень, на котором установлена каретка, к которой присоединяется следующий сустав робота.

Для расчета параметров модели привода использованы данные из каталога по двигателям серии Siemens Motor 1FT6 [1].

В основе модели электропривода лежат уравнения состояния обобщенной электрической машины – ОЭМ (расчетная схема представлена на рис. 2) [2].

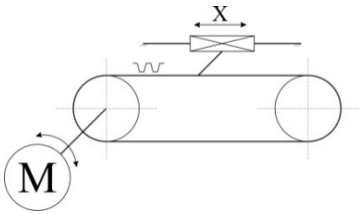


Рис. 1. Кинематическая схема моделируемого электропривода

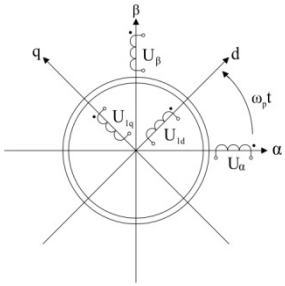


Рис. 2. Расчетная схема обобщенной электрической машины

Уравнения электрического состояния ротора и статора ОЭМ в системах координат dq и $\alpha\beta$ соответственно [3]:

$$\widetilde{U}^s_{\alpha\beta} = r_s \widetilde{I}^s_{\alpha\beta} + \frac{d\widetilde{\Psi}^s_{\alpha\beta}}{dt} \qquad (1)$$

$$\widetilde{U}^r_{dq} = r_r \widetilde{I}^r_{dq} + \frac{d\widetilde{\Psi}^r_{dq}}{dt}\ , \qquad (2)$$

где r_s и r_r – активные сопротивления фаз статора и ротора соответственно, $\widetilde{I}^s_{\alpha\beta}$ и $\widetilde{I}^r_{dq}$ – мгновенные значения токов статора и ротора соответственно, а $\widetilde{\Psi}^s_{\alpha\beta}$ и $\widetilde{\Psi}^r_{dq}$ – выражения для потокосцеплений статора и ротора:

$$\widetilde{\Psi}^s_{\alpha\beta} = L_s \widetilde{I}^s_{\alpha\beta} + M \widetilde{I}^r_{\alpha\beta} e^{j\omega_p t} \qquad (3)$$

$$\widetilde{\Psi}^r_{dq} = L_r \widetilde{I}^r_{dq} + M \widetilde{I}^s_{\alpha\beta} e^{-j\omega_p t} \qquad (4)$$

где L_s и L_r – собственные индуктивности фаз обмоток статора и ротора соответсвенно, M – взаимная индуктивность между фазами статора и ротора.

Конструктивно двигатели модели 1FT6 представляют собой синхронную машину. Для составления модели использована система координат ротора dq [3].

В результате приведения уравнений состояния ротора и статора ОЭМ и выражений для потокосцепления к dq-системе координат:

$$\tilde{U}_{dq}^{s} = r_s \tilde{I}_{dq}^{s} + \frac{d\tilde{\Psi}_{dq}^{s}}{dt} + j\omega_p \tilde{\Psi}_{dq}^{s}, \quad (5)$$

$$\tilde{U}_{dq}^{r} = r_r \tilde{I}_{dq}^{r} + \frac{d\tilde{\Psi}_{dq}^{r}}{dt} \quad (6)$$

$$\tilde{\Psi}_{dq}^{s} = L_s \tilde{I}_{dq}^{s} + M\tilde{I}_{dq}^{s}, \quad (7)$$

$$\tilde{\Psi}_{dq}^{r} = L_r \tilde{I}_{dq}^{r} + M\tilde{I}_{dq}^{s}. \quad (8)$$

Из уравнений (7) и (8) выражен вектор потокосцепления статора через вектор потокосцепления ротора:

$$\tilde{\Psi}^{s} = (L_s - \frac{L_{md}^2}{L_{rd}})\tilde{I}^{s} + \frac{L_{md}^2}{L_{rd}}\tilde{\Psi}^{r} = L_s'\tilde{I}_s + k_r\tilde{\Psi}_r, \quad (9)$$

где $L_s' = L_s - \frac{L_{md}^2}{L_{rd}}$ – переходная индуктивность статора;

$k_r = \frac{L_{md}^2}{L_{rd}}$ – коэффициент связи ротора;

$L_{md}, L_{rd} = L_r$ – взаимная и собственная индуктивности по оси d.

Разложение уравнений (5) и (9) в проекциях на оси dq-системы координат приводит к следующей системе уравнений:

$$u_d^s = r_s i_d^s + \frac{d\psi_d^s}{dt} - p_m\omega_p\psi_q^s \quad (10)$$

$$u_q^s = r_s i_q^s + \frac{d\psi_q^s}{dt} + p_m\omega_p\psi_d^s \quad (11)$$

$$\psi_d^s = L_s' i_d^s + k_r\psi_M \quad (12)$$

$$\psi_q^s = L_s' i_q^s \quad (13)$$

В результате совместного решения системы (10) – (13) получили:

$$u_d^s = r_s i_d^s + L_s'\frac{di_d^s}{dt} - p_m\omega_p L_s' i_q^s \quad (14)$$

$$u_q^s = r_s i_q^s + L_s'\frac{di_q^s}{dt} + p_m\omega_p L_s' i_d^s + p_m\omega_p k_r\psi_M \quad (15)$$

Для удобства составления модели в среде MATLAB Simulink уравнения (14) и (15) приведены к операторному виду:

$$\begin{cases} i_d^s(p) = \frac{1/r_s}{T_s'p+1}\left(u_d^s(p) + p_m\omega_p(p)L_s' i_q^s(p)\right) \\ i_q^s(p) = \frac{1/r_s}{T_s'p+1}\left(u_q^s(p) - p_m\omega_p(p)L_s' i_d^s(p) - p_m k_r\omega_p(p)\psi_M(p)\right) \\ \omega_p(p) = \frac{p_m}{Jp}\left(\frac{m}{2}p_m k_r\psi_M(p) - M_c(p)\right), \end{cases} \quad 16)$$

где $T_s' = \frac{L_s'}{r_s}$ – постоянная времени якорной цепи синхронной машины.

Для составления модели в MATLAB Simulink воспользуемся структурной схемой электропривода (рис. 3) [4].

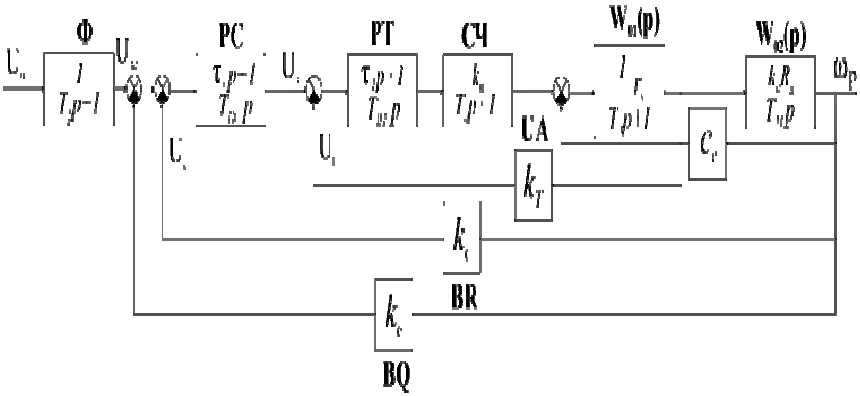


Рис. 3. Структурная схема электропривода

В результате расчета были получены следующие значения коэффициентов элементов структурной схемы:

T_n = 0,001 с.; k_n = 17,6; k_c = 0,0764; k_T = 0,8;

k_e = 1,92; $T_Э$ = 0,025 с; T_M = 0,0015 с.

Структура электропривода представлена следующим образом:

1. Серводвигатель состоит из последовательно соединенных апериодического звена первого порядка $W_{01}(p)$ и интегрирующего звена $W_{02}(p)$;
2. Силовая часть – апериодическое звено первого порядка;
3. Датчики тока, скорости и положения UA, BR и BQ представлены усилительными звеньями.

Для настройки контуров регулирования тока и скорости используются готовые значения коэффициентов ПИ-регуляторов, приведенные в руководстве к двигателям серии Siemens Motor 1FT6 [1].

Регулятор внутреннего контура регулирования тока с учетом принятых коэффициентов представлен передаточной функцией:

$$W_{PT}(p) = \frac{0{,}025p+1}{0{,}704p}. \quad (17)$$

Передаточная функция регулятора внешнего контура регулирования скорости с учетом принятых коэффициентов будет:

$$W_{PC}(p) = \frac{0{,}008p+1}{0{,}00026p}. \quad (18)$$

В среде MATLAB Simulink была синтезирована схема электропривода с серводвигателем согласно структурной схеме (рис. 4).

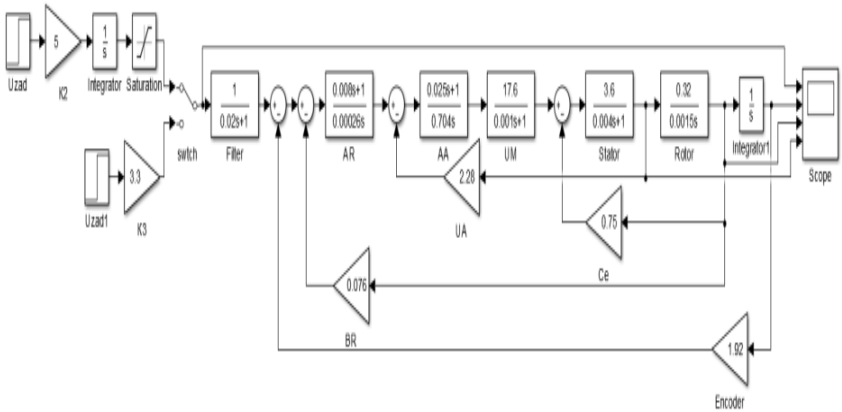


Рис. 4. Модель в среде MATLAB Simulink

В ходе исследования на привод подавались управляющие сигналы 3 типов – ступенчатый скачок (ударный режим), плавная подача сигнала со скоростью 6 В/с с выходом на установившееся значение, равное ступенчатому скачку, и аналогичный сигнал, но уже со скоростью 5 В/с. Результаты испытаний отражены на рис. 5.

В результате анализа графических зависимостей было выявлено, что управляющий сигнал в виде скачка (случай 1) обеспечивает минимальное время переходного процесса по координате, но не является допустимым по причине превышения максимального тока и скорости вращения вала, разрешенных техническими характеристиками [1]. Оптимальным же является подача сигнала со скоростью 6 В/с (случай 2), при котором обеспечивается удовлетворительное время переходного процесса и допустимые значения тока и скорости вращения вала. Подача сигнала со скоростью 5 В/с (случай 3) не обеспечивает требуемого времени переходного процесса.

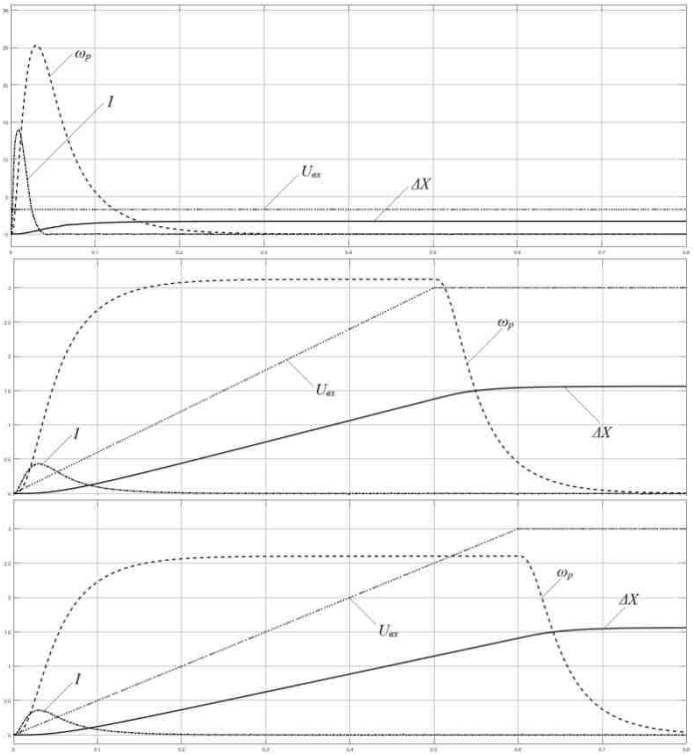


Рис. 5. Семейства характеристик работы привода

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог двигателей серии 1FT6 ф. Siemens. Издание официальное [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/289/28708289/att_2592/v1/PFT6_1005_en.pdf

2. *Копылов И.П.* Электрические машины: учеб. для высших учебных заведений / И.П. Копылов. М.: Высшая школа, 2013. 617 с.

3. *Копылов И.П.* Математическое моделирование электрических машин / И.П. Копылов. М.: Высшая школа, 2014. 327 с.

4. *Лукас В.А.* Теория управления техническими системами: Компактный учеб. курс для вузов. 3-е изд., перераб. и дополн. / В.А. Лукас. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. 675 с.

УДК 681.5:621.43

ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ХОЛОДНОЙ ОБКАТКЕ

С.И. Попов, В.Е. Тюленев

Научный руководитель – В.Е. Тюленев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Диагностика двигателей на стенде холодных испытаний является одним из важнейших этапов производства двигателей. Цель обкатки – приработка трущихся поверхностей и выявление дефектов, возникающих в результате допущенных при сборке отклонений от технических требований. В процессе обкатки проводят окончательные регулировки и устраняют дефекты. Диагностика на стенде холодных испытаний обладает рядом преимуществ относительно диагностики на стенде горячих испытаний, из-за более точного выявления дефектов динамических показателей и электронных компонентов системы управления двигателем. Произведён анализ разброса значений крутящего момента и получены рекомендации по уменьшению полей допусков.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, стенд холодных испытаний, поле допуска.*

THE STUDY OF THE TORQUE OF DIESEL ENGINES DURING COLD RUNNING-IN

S.I. Popov, V.E. Tyulenev

Scientific Supervisor –V.E. Tyulenev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Diagnosis of engines on the cold test bench is one of the most important stages of engine production. The purpose of the break-in is the running-in of rubbing surfaces and the detection of defects that arise as a result of the deviations from the technical requirements that were accepted during the assembly. During the break-in process, final adjustments are made and defects are eliminated. Diagnostics at the cold test stand has a number of advantages from diagnostics at the stand, including for more accurate distribution of defects and electronic components of the engine management system. The analysis of the spread of the values of the torque and the recommendations received to reduce the tolerance fields are carried out.

Keywords: *internal combustion engine, cold test bench, tolerance field.*

Холодная обкатка двигателей типа ЯМЗ-534 и ЯМЗ-536 с системой впрыска топлива Common Rail производства ОАО "Автодизель" производится в боксе фирмы Siemens, предназначенном для тестирования 4- и 6-цилиндровых дизельных двигателей.

Холодное тестирование осуществляется в режиме принудительного вращения дизельного двигателя под действием внешнего электропривода. В процессе холодной обкатки регистрируют частоту вращения вала двигателя, тестируют крутящий момент, изменение давления и температуры масла, динамическое давление на впуске/выпуске двигателя, прослушивают стуки внутри двигателя, определяют герметичность соединений, контролируют и др.

После завершения автоматического тестового прогона результаты измерений, включая код неисправности, передаются через интерфейс Ethernet на сервер испытательного участка. Индицируется сигнал "I.O." или "N.I.O.". При выдаче сообщения "N.I.O." (не в норме) назначается повторное испытание после ремонта двигателя (выбирается переключателем).

Результаты измерений, полученные при последующих тестовых прогонах, сохраняются в сервере параллельно с результатами, полученными при предыдущем тестовом прогоне.

В компьютере автоматически открывается результат измерений, записанный при последнем тестовом прогоне.

Как известно, мощность двигателя зависит от скорости вращения и крутящего момента на валу двигателя [1].

В ходе исследований 100 двигателей, в которых обнаружены отклонения от заданных значений какого-либо из тестируемых параметров, было выявлено, что в большинстве случаев дефект по крутящему моменту является доминирующим, поэтому целью данной работы является исследование влияния результатов диагностики крутящего момента двигателей внутреннего сгорания при холодной обкатке на их качество.

Пример графика крутящего момента при холодной обкатке показан на рис. 1.

На основании анализа 48 исправных двигателей ЯМЗ-536, были получены гистограммы распределения крутящего момента в положительной (а) и отрицательной (б) областях поля допуска на рис. 2.

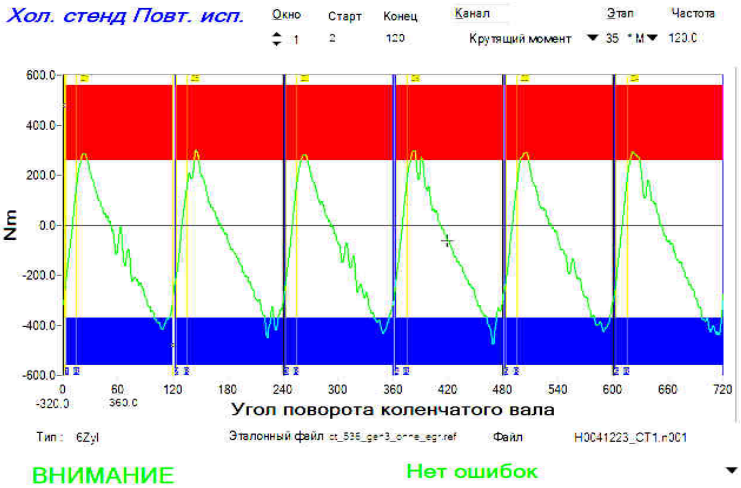


Рис. 1. Крутящий момент двигателя ЯМЗ-536

(а)

Рис. 2. Гистограмма распределения крутящего момента в отрицательной (б) области поля допуска

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены средние значения крутящего момента в положительной и отрицательной полях допуска [2]:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}, \qquad (1)$$

где x_i – значение крутящего момента, Н·м;

n – число значений x;

$\bar{x}_+ = 320{,}1$ (Н·м); $\bar{x}_- = -418{,}6$ (Н·м).

При этом рассеяние крутящего момента определялось по формуле (2):

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \qquad (2)$$

$S^2_1 = 90{,}73$(Н·м)^2 – рассеяние крутящего момента в положительном поле допуска;

$S^2_2 = 50{,}74$(Н·м)^2 - рассеяние крутящего момента в отрицательном поле допуска;

Среднеквадратические отклонения от среднего значения крутящего момента получают соответствующие значения:

$S_1 = 9{,}53$ (Н·м); $S_2 = 7{,}12$ (Н·м).

При увеличении крутящего момента в положительной и отрицательной областях поля допуска, мощность будет выше на данных оборотах, соответственно, будет лучше динамика разгона двигателя. Снижение же верхних точек в положительной и отрицательной областях поля допуска увеличит износостойкость двигателя [3].

Вывод: поля допусков крутящего момента двигателя, конфигурации ЯМЗ-536, можно ужесточить для повышения качества продукции в диапазоне +(291-350) Н·м для положительного поля допуска и в диапазоне–(440 - 397) Н·м в отрицательной поле допуска, что соответствует изменению случайной величины в диапазоне±3σ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двигатели внутреннего сгорания: теория поршневых и комбинированных двигателей / Д.Н. Вырубов и др. М.: Машиностроение, 1983.
2. *Юдина А.В.* Статистика. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2011. 120 с.
3. http://www.kolesa.ru/article/chto-vazhnee-dlja-razgona-moschnost-ili-krutjaschij-moment-2015-02-02.

УДК 681.5:621.791

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ ДЛЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА МАНИПУЛЯТОРА РМ-01

А.В. Удачин, В.Е. Тюленев

Научный руководитель – В.Е. Тюленев, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается векторно-матричный способ решения прямой и обратной задачи кинематики шестизвенного манипулятора робота РМ-01.

Ключевые слова: *прямая задача кинематики, обратная задача кинематики , рабочий орган, сварочная головка.*

SOLUTION OF THE REVERSE PROBLEM OF KINEMATICS FOR THE WORKING ORGAN OF THE MANIPULATOR RM-01

A.V. Udachin, V.E. Tyulenev

Scientific Supervisor – V.E. Tyulenev, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A vector-matrix method for solving the direct and inverse kinematics problem of the six-link robot manipulator RM-01 is considered.

Keywords: *direct kinematics problem, inverse kinematics problem, working element, welding head.*

Обратная задача кинематики является одной из основных задач кинематического и динамического анализа и синтеза манипуляторов. Она решается при контурном управлении роботом, когда рабочий орган должен перемещаться по заданной в пространстве и времени траектории и заключается в определении обобщенных координат манипулятора по заданному положению рабочего органа. В результате решения обратной

задачи должны быть определены в аналитической или табличной форме параметры манипулятора, определяющие положение $x_o = x_o(t)$, $y_o = y(t)$, $z_o = z_o(t)$ и ориентацию $\angle(X_o,X)$, $\angle(Y_0, Y)$, $\angle(Z_o,Z)$ рабочего органа в пространстве [2].

Перед решением обратной задачи кинематики манипулятора необходимо решить прямую задачу [1].

Кинематическая схема манипулятора робота РМ–01 представлена на рис. 1.

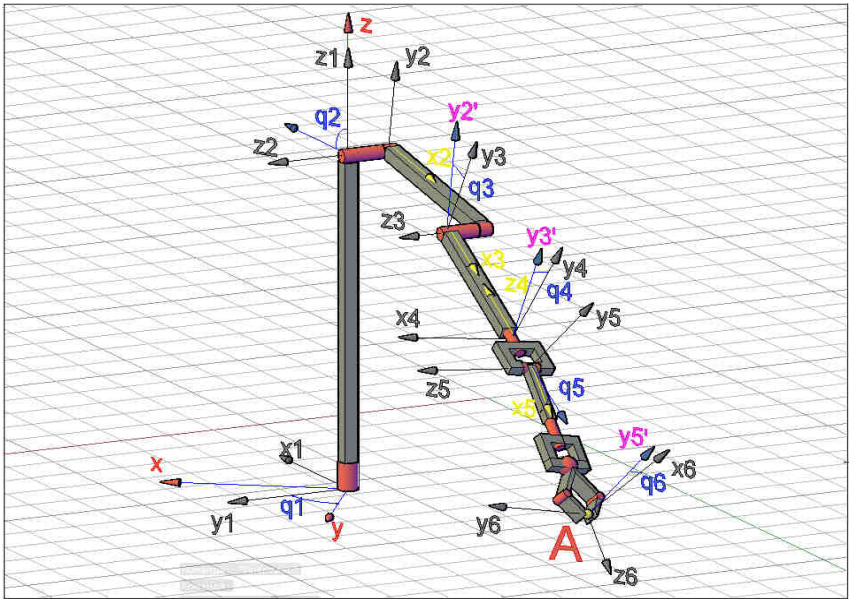


Рис. 1. Кинематическая схема манипулятора робота РМ-01

В результате решения прямой задачи кинематики была получена переходная матрица

К рассмотрению обратной задачи предложен процесс автоматической сварки двух деталей по плоской прямоугольной траектории B,C,D,A согласно рис. 2 со скоростью движения сварочной головки 2 мм/с.

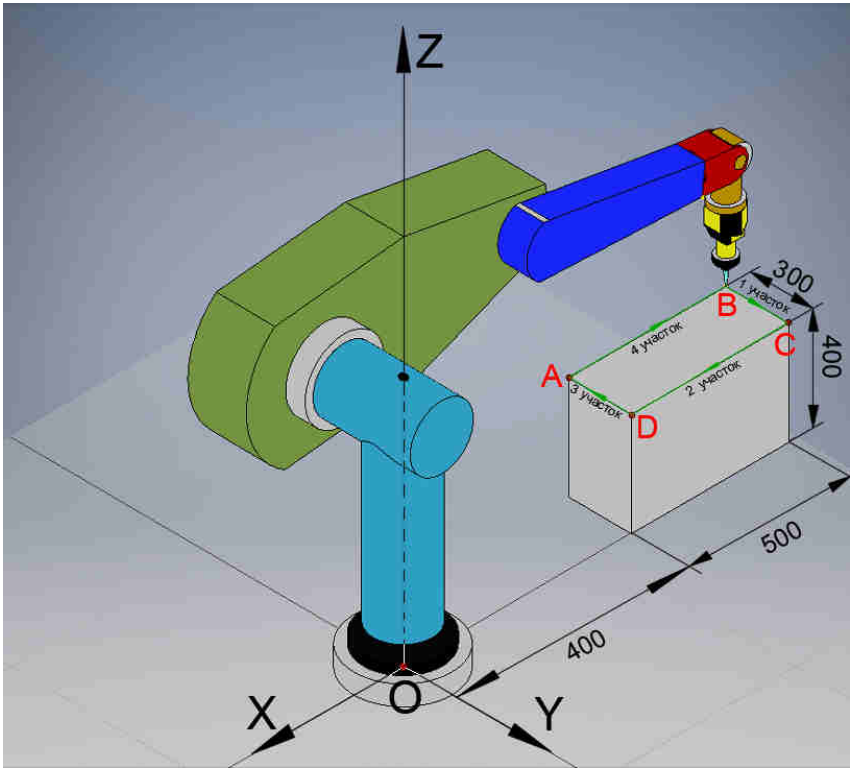


Рис. 2. Схема для решения обратной задачи кинематики

Для решения обратной задачи кинематики необходимо задать матрицу, которая определяет требуемое положение и ориентацию сварочной головки в узловых точках траектории.

$$[B] = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & X_a \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & Y_a \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & Z_a \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \end{pmatrix}$$

В данной матрице диагональные элементы b_{11}, b_{22},b_{33} задают косинусы углов между одноименными осями инерциальной и связанной с рабочим органом систем координат в узловых точках траектории: $\cos\angle(X_o,X)$, $\cos\angle(Y_0, Y)$, $\cos\angle(Z_o,Z)$. Элементы правого столбца матри-

цы X_a, Y_a, Z_a определяют координаты узловых точек траектории в инерциальной системе.

Приравнивания соответствующие элементы матриц B_6 и B, получаем систему шести уравнений с шестью неизвестными:

$$\begin{cases} b_{11} = b_{11}(q_i) \\ b_{22} = b_{22}(q_i) \\ b_{33} = b_{33}(q_i) \\ X_a = X_a(q_i) \\ Y_a = Y_a(q_i) \\ Z_a = Z_a(q_i) \end{cases}$$

В результате решения указанной системы нелинейных уравнений численным методом для каждой из узловых точек траектории получены законы изменения обобщенных координат манипулятора в пространстве и во времени при скорости движения сварочной головки 2 мм/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для втузов. В 3-х кн. / Под ред. К.В.Фролова, Е.И.Воробьева. М.: Высш. шк., 1988.

2. *Пол Р.* "Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота - манипулятора". М.: Наука, 1976.

3. *Ноф Ш.* (ред.) Справочник по промышленной робототехнике. Т. 1. М.: Машиностроение, 1989. 480 с.

УДК 67.05

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УЧПУ NC-201M

А.А. Соболев, В.Е. Тюленев

Научный руководитель – В.Е. Тюленев, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается способ конструирования лабораторного стенда для изучения программирования в G и M кодах в системе УЧПУ NC-201M.

Ключевые слова: *УЧПУ, характиризация, программирование, конструирование.*

DEVELOPMENT OF LABORATORY TRAIN STAND FOR NC-201M CNC PROGRAMMING

A.A. Sobolev, V.E. Tyulenev

Scientific Supervisor – V.E. Tyulenev, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A method for constructing a laboratory bench for studying programming in G and M codes in the CNCU NC-201M system is considered.

Keywords: *CNCU, characterization, programming, construction.*

Учебный стенд предназначен для освоения приемов программирования промышленной системы числового программного управления (СЧПУ) с помощью G и M кодов.

Стенд состоит из устройства числового программного управления (УЧПУ) марки NC-201M отечественного производства и имитатора технологического оборудования (объекта управления) в виде планшета с 2-координатным графопостроителем (рис. 1).

Рис. 1. Учебный стенд

Функцию рабочего органа (инструмента) управляемого объекта выполняет перо (маркер), перемещение которого осуществляется с помощью двух сервоприводов переменного тока с синхронными двигателями. Движение от каждого серводвигателя передается по гибкой тросиковой передачи к подвижной каретке. При этом маркер осуществляет движение вдоль плоской траектории, заданной программой УЧПУ.

На задние стенки корпуса УЧПУ смонтированы Системы управления сервоприводами MELSERVO (компании Mitsubishi Electric), преобразующие аналоговый электрический сигнал в диапазоне ± 10в, формируемый УЧПУ во вращательное движение роторов синхронных электродвигателей.

На боковой стенке смонтированы автомат электропитания стенда и тумблеры управления электроприводами.

На верхней стенке корпуса УЧПУ смонтированы модули индикации входов (на 32 дискретных входных сигнала в 24 В) и релейный коммутационный модуль выходов (на 24 выхода).

Компоновка стенда позволяет имитировать управление реальными технологическими процессами, такими как фрезерная обработка, раскрой листового материала средствами электроискровой, лазерной и плазменной резки.

Стол имеет возможностью прижима с помощью электростатического поля по команде с УЧПУ.

Блок-схема алгоритма работы стенда представлена на рис. 2, где СУП – это система управления приводом, СД – синхронный двигатель, МП – механический преобразователь, ДОС – датчик обратной связи.

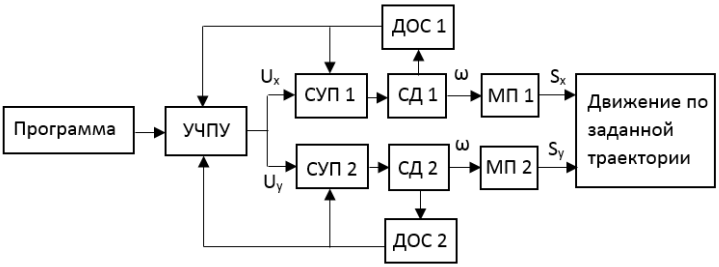


Рис. 2. Блок-схема управления УЧПУ

Характеризация позволяет УЧПУ получить всю нужную информацию, требуемую для функционирования программной логики. Характеризацию можно разделить на два уровня: системный и функциональный.

Системный уровень является приоритетным по отношению к функциональному уровню и определяет параметры доступа к физически существующим каталогам, расположенным на любом из используемых устройств памяти.

В функциональном уровне характеризации были указаны каталоги, из которых происходит загрузка файлов характеризации функционального уровня и программной логики станка.

Функциональный уровень устанавливает параметры, которые задают конкретные функции УЧПУ что ориентирует его на управление определённым технологическим процессом.

К функциональному уровню относятся:

- Параметры управления осями и шпинделя
- Параметры технологического процесса
- Параметры программы логики

В файле характеризации осями были указаны порта, к которым били подключены сервоусилители, и какой осью они управляют. Характеристики двигателей, такие как число импульсов энкодера на оборот ротора, перемещение пера на оборот, способ поиска “0” по оси, динамические характеристики и ограничение перемещения по осям.

В характеризации технологического процесса указали параметры языка программирования и персонализовали оборудование.

В файлах характеризации логики осуществили связь между вспомогательными механизмами и оборудованием, и осями станка.

Была разработана программа логики, обеспечивающая реализацию взаимодействия между УЧПУ с приводами графопостроителя, концевые выключатели, электростатического прижима бумаги и отпускание-подъем маркера. С помощью программы логики так же разработан интерфейс пользователя для управления клавишами УЧПУ функциональных клавиш в различных режимах работы.

При выполнении работы студентами осваиваются приемы программирования в G и M кодах для составления рабочей программы УЧПУ, имитирующая технологический процесс заданный преподавателем. Так же осваиваются запуск УЧПУ Режимы его работы и различные виды ручных перемещений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по характеризации NC-201M [Электронный ресурс]. Режим доступа:
URL: http://old.bsystem.ru/Portals/0/files/TechDocs/%D0%A0%D0%A5%20(%D0%923.4).pdf
2. Программирование интерфейса PLC [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: http://old.bsystem.ru/Portals/0/files/TechDocs/PLC.pdf
3. Руководство оператора [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL:http://old.bsystem.ru/Portals/0/files/TechDocs/%D0%A0%D0%9E%D0%9F%20NC-201,NC-201M,NC-202%20(%D0%924.1).pdf

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ В ОНЛАЙН РЕЖИМЕ НА ОСНОВЕ СИГНАЛОВ ОТ ЦИФРОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

А.С. Тимофеев

Научные руководители – Г.А. Филатова, канд. техн. наук, старший преподаватель;
А.А. Яблоков, канд. техн. наук, старший преподаватель

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

В работе основное внимание уделяется разработке и исследованию методов и алгоритмов определения места повреждения (ОМП) на линиях электропередачи высокого напряжения (ЛЭП) по параметрам аварийного режима (ПАР) на основе одностороннего замера, использующих в качестве входных величин сигналы от цифровых трансформаторов тока и напряжения (ЦТТ и ТН). Также рассматривается влияние ряда факторов на точность замера.

Ключевые слова: *электрические сети, определение места повреждения, параметры аварийного режима, цифровые трансформаторы тока и напряжения.*

DEVELOPMENT OF THE ONLINE AUTOMATIC FAULT LOCATION METHODS BASED ON THE SIGNALS FROM DIGITAL CURRENT AND VOLTAGE TRANSFORMERS

A.S. Timofeev

Scientific Supervisors – G.A. Filatova, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer; A.A. Yablokov, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer

Ivanovo State Power Engineering University

The main part of this work includes development and research of the methods and algorithms for fault location on high-voltage power lines based on one-sided measurement of emergency mode parameters. This type of measurement uses signals from

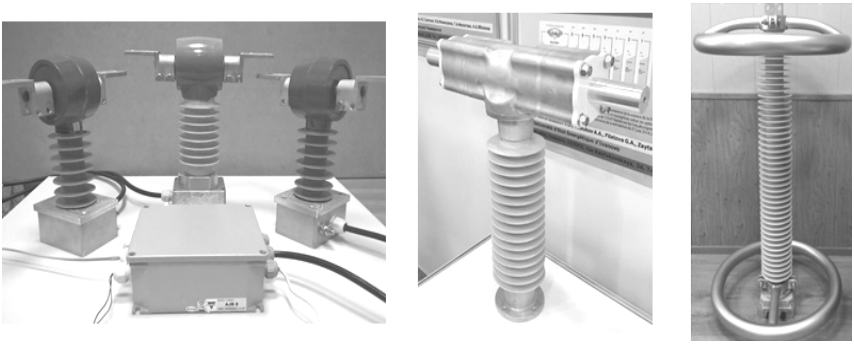
digital current and voltage transformers as input. Also there are considered the influence of different factors on the method accuracy.

***Keywords**: power lines, grids, fault location, emergency mode parameters, digital current and voltage transformers.*

ОМП по ПАР в качестве исходной информации для расчёта использует токи и напряжения ЛЭП. Методы и устройства ОМП на делят на методы одностороннего и двухстороннего замера. Последние одновременно используют информацию с обоих концов ЛЭП, предполагают наличие канала связи между полукомплектами устройств и обмен синхронизированными данными между ними. Односторонние методы продолжают представлять интерес, так как они дешевле и проще в эксплуатации. Кроме того, применение двухсторонних методов ограничено техническими возможностями их внедрения – так, например, в распределительных сетях среднего напряжения на ряде объектов (например, понизительных трансформаторных подстанциях) стационарные датчики тока и напряжения просто отсутствуют.

К достоинствам методов ОМП по ПАР (по сравнению, например, с импульсными методами ОМП) относят простоту реализации, отсутствие генерирующей аппаратуры, возможность применения на линиях любой конфигурации. Вместе с тем ОМП, основанные на измерении ПАР, имеют большие (до 10–20%) погрешности, обусловленные, в первую очередь, погрешностями измерительных органов – датчиков тока и напряжения. Традиционные электромагнитные датчики – трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН) имеют ограниченный частотный диапазон и погрешности, связанные с насыщением магнитопровода. В ИГЭУ на кафедре АУЭС совместно с ООО НПО «Цифровые измерительные трансформаторы» разработаны цифровые трансформаторы тока (ЦТТ) и напряжения (ЦТН), а также комбинированные трансформаторы (ЦТТН) для классов напряжений 6 (10), 35, 110 и 220 кВ (рис. 1). На завершающем этапе находятся работы по внесению разработанных цифровых трансформаторов в единый реестр средств измерений. С появлением данных преобразователей появилась возможность повышения точности методов ОМП на основе ПАР. Использование цифровых преобразователей тока и напряжения позволяет существенно повысить точность расчета расстояния до места повреждения за счет их преимуществ[1]:

– высокая точность измерения (погрешность не более 0,1 % по току и напряжению);
– широкий частотный диапазон измерений, в том числе измерение постоянного тока;
– отсутствие насыщения от токов короткого замыкания (КЗ) и апериодической составляющей.



а) б) в)

Рис. 1. Опытные образцы цифровых трансформаторов тока и напряжения:
а – ЦТТН 6(10) кВ; б – ЦТТН 35 кВ; в – ЦТН 110 кВ

Для исследования переходных процессов при КЗ и разработки алгоритмов ОМП в системе Matlab+Simulink были разработаны модели сетей 110-330 кВ: упрощенные (рис. 2) и комплексные (рис. 3 и 4).

Для исследования влияния отдельных искажающих замер факторов использовалась упрощенная модель сети. Принималось, что факторы являются независимыми друг от друга. В упрощенной модели первичные преобразователи представлены идеальными измерителями тока и напряжения, если иное не оговаривалось отдельно. Линия представлена моделью с распределенными параметрами. Для комплексного исследования моделировалась схема реальной электрической сети с односторонним питанием (рис. 3). На ЛЭП имеются отпайки (понизительные трансформаторные подстанции). Схема реализована в системе Matlab и содержит модели реальных преобразователей тока и напряжения (электромагнитных ТТ и ТН [2, 3] и нетрадиционных преобразователей, в зависимости от исследуемого алгоритма или признака (рис. 4).

В разрабатываемых методах, использующих сигналы с ЦТТ и ТН, основной интерес представляет алгоритм замера (расчета) значения производной в моменты перехода тока через нулевое значение, поскольку использование нетрадиционных датчиков (например, входящего в состав ЦТТ пояса Роговского) позволяет получить значение производной тока не математически, а физически, на основе базовых физических законов. Кроме того, отсутствие насыщаемого сердечника позволяет точно воспроизводить значения первичного тока в большом диапазоне значений.

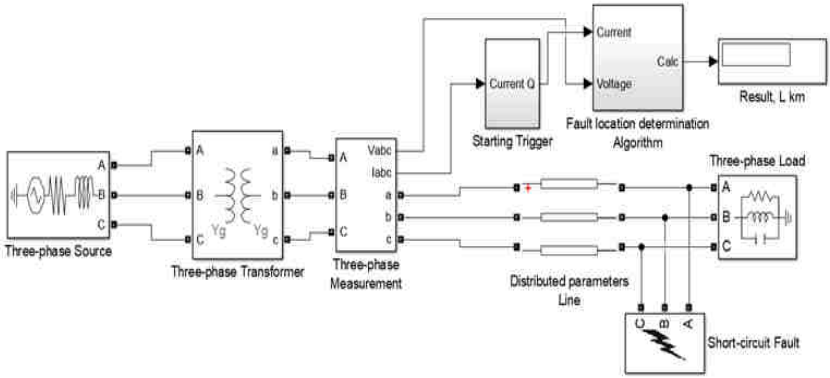


Рис. 2. Упрощенная модель сети 110 кВ в Matlab

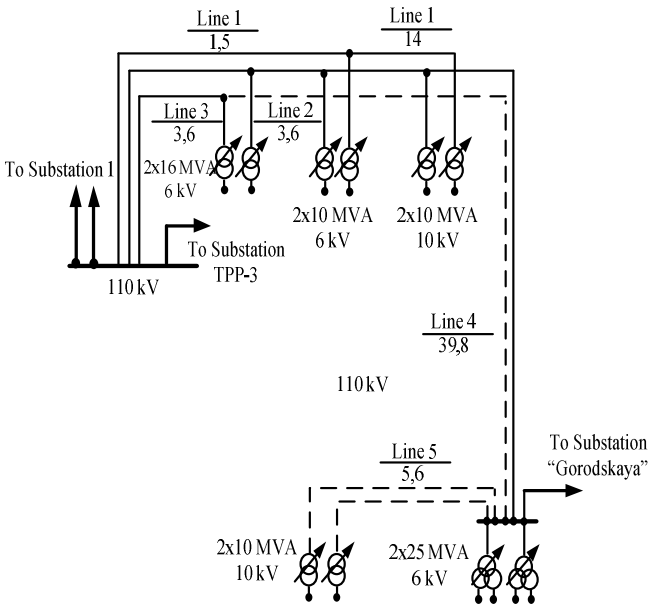


Рис. 3. Схема реального участка сети 110 кВ

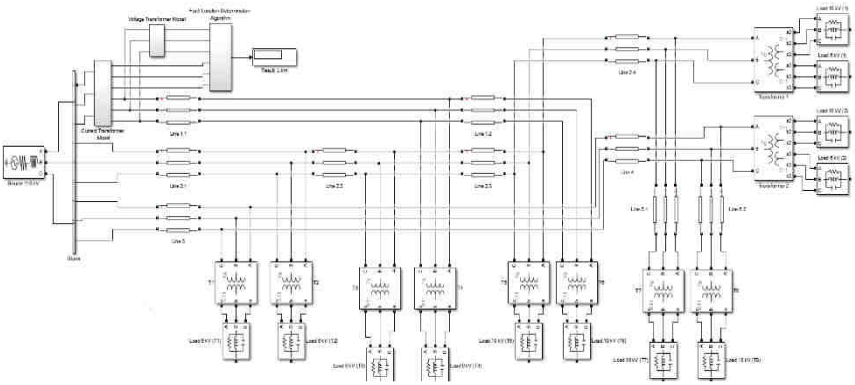


Рис. 4. Модель реального участка сети в Matlab

Исследовались различные методы расчета производной, при этом показано, что наибольшие погрешности расчеты производной могут возникнуть при первом переходе (броске) тока. Влияние методов расчета производной на точность первого замера исследовалось отдельно.

Рассматривались следующие способы расчета производной тока в модели сети:

1. Применение «идеального» дифференциатора.

Использовался блок Derivative в Matlab, рассчитывающий приращение сигнала в двух последних точках:

$$y(t) = \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t}(u_k - u_{k-1}), \qquad (1)$$

где Δt – интервал времени между текущей и предыдущей выборками (замерами), u_k и u_{k-1} – значения функции в текущей и предыдущей точках соответственно.

2. Применение реального дифференциатора.

Моделировались реальные дифференцирующие звенья с передаточной функцией вида

$$W(\text{p}) = \frac{k(p)}{T_Д p + 1}, \qquad (2)$$

и различными значениями постоянными времени $T_Д$.

3. Аппроксимация кривой тока математической функцией $i(t)$ и использование аналитически полученной функции $di(t)/dt$.

4. Использование для замера (расчета) производной пояса Роговского (ПР) или его математической модели.

В результате было получено, что первый замер оказался наиболее точным при использовании ПР. Несколько другие результаты дают за-

меры при последующих переходах тока через нулевые значения. В квазиустановившемся режиме КЗ замеры более точные, а способ расчета производной практически не влияет на точность ОМП.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-79-10455) в ФГБОУ ВО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Yablokov A.* Using of non-traditional current and voltage sensors for the fault location / A. Yablokov, G. Filatova, A. Timofeev // Proc. of MATEC Web Conf. Volume 141. 2017. P. 1–5.

2. *Filatova G.* Modeling of Magnetization Reversal Processes in Magnetic Circuits of Measuring Transformers / G. Filatova, V. Shuin // Tagungsbandzum Power and Energy Student Summit 2015, Dortmund. 2015. P.1– 3.

3. *Лебедев В.Д.* Моделирование кабельных трансформаторов тока для защиты от однофазных замыканий на землю в сетях 6–10 кВ / В.Д. Лебедев, Г.А. Филатова, В.А. Шуин // Вестник ИГЭУ. 2014. № 1. С. 25-32.

УДК:681.51

ПРИМЕНЕНИЕ DES-ПОДХОДА К СИНТЕЗУ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЛОГИКИ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

С.В. Филиппов, А.В. Локтюшев

Научный руководитель – А.В. Локтюшев, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается современный подход к построению автоматических управляющих устройств, базирующийся на дискретно-имитационных моделях. Рассмотрены возможности реализации управляющей логики на электронных устройствах в среде MATLAB-SIMULINK. Произведён анализ подхода и выделены положительные и отрицательные стороны. Рассмотрена возможность применения DES-подхода к созданию управляющей логики автоматической интегрированной системы безопасности.

Ключевые слова: *дискретно-имитационная модель, системы безопасности, управляющие устройства, MATLAB, SIMULINK, STATEFLOW*

APPLICATION OF THE DES-APPROACH TO THE SYNTHESIS OF CONTROL LOGIC OF MODERN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

S.V. Filippov, A.V. Loktyushev

Scientific Supervisor – A.V. Loktyushev, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

A modern approach to the construction of automatic control devices, based on discrete-imitation models, is considered. The possibilities of implementing control logic on electronic devices in the MATLAB-SIMULINK environment are considered. The approach is analyzed and positive and negative sides are identified. The possibility of applying the DES-approach to the creation of a managed logic of an automatic integrated security system.

Keywords: *discrete simulation model, security systems, control devices, MATLAB, SIMULINK, STATEFLOW*

Довольно часто при построении современных систем автоматического управления возникает задача о замене реального объекта некоторой моделью, которая с необходимой точностью описывала бы рассматриваемый процесс, другими словами производится имитация реального объекта моделирования. Имитационное моделирование является частным случаем математического моделирования.

Наиболее часто данный вид моделирования применяется для процессов, где невозможно аналитическое описание происходящих явлений и требуется логический аппарат, реализующий причинно-следственные связи. Такой подход используется и при моделировании сложных непрерывных технологических процессов и систем управления, в которых необходимо описание логики работы управляющих устройств, что называют дискретной частью. Наибольшее распространение в представления такого рода дискретной части систем получила дискретно-событийная модель, суть которой заключается в представлении объекта моделирования в виде описания конечного количества состояний, в которых находится система и часто представляемых в виде графических блоков, и причинно-следственных связей между состояниями, переходы между которыми побуждаются событиями, возникающими из вне системы и отображаются в виде дуг.

Необходимость описания дискретной части систем автоматического управления побудила разработчиков создать некоторые инструменты для удобного описания управляющей логики. Результатом стали DES (Discrete Event Simulation) ориентированные пакеты и среды разработки моделей, в которых возможно производить построение и анализ дискретно-событийных моделей (Maple, Mathematica, MATLAB, MathCAD, AnyLogic и др.).

Впоследствии был сформирован принципиально новый подход к программированию и созданию управляющих устройств, основная идея которого заключается в быстром переходе от отлаженной DES – модели управляющего устройства к реальному физическому устройству, минуя стадии ручного программирования, тем самым значительно снижая вероятность ошибок в коде и ускоряя процесс[1]. Одной из лучших сред, в которой можно реализовать данный подход является среда MATLAB-SIMULINK, библиотека StateFlow, посредством которых происходит программирование конкретных микроэлектронных устройств.

Рассмотрим возможность применения такого подхода к синтезу управляющего логического устройства для современной автоматической системы безопасности зданий (в англоязычной литературе security systems for buildings). Проблема построения современных интегрированных автоматических систем безопасности весьма актуальна в связи с политической обстановкой и террористическими угрозами. Несомненно важна и

актуальна проблема обеспечения отказоустойчивости оборудования, обеспечивающего безопасность. Одним из преимуществ DES-подхода является обеспечение отказоустойчивости с точки зрения логики работы управляющего устройства. Так как при данном типе синтеза устройств в принципе невозможно наличие так называемых «ложных» состояний – состояний в которых поведение системы неконтролируемо и не определено. Кроме того, применение DES-подхода к синтезу управляющего устройства позволяет быстро и эффективно интегрировать сторонние системы в логику работу устройства (чаще всего в роли таких систем выступают инженерные системы здания). Ввиду всех перечисленных преимуществ DES-подхода – он несомненно является одним из лучших для построения современных интегрированных систем безопасности.

Решение задачи построения управляющего устройства тесно связано с выбором электронного устройства, которое будет реализовывать программную логику. Количество данных электронных платформ очень велико. Все данные устройства можно разделить на ПЛК, микроПК, микропроцессоры в чистом виде. Среда MATLAB, при помощи инструмента Simulink Coder (Real-Time Work Shop) позволяет генерировать C/C++ код из моделей Simulink [2], диаграмм и функций MATLAB, учитывая тот факт, что большинство микроконтроллеров и микроПК имеют возможность программирования на C-совместимых языках, это реализует интеграцию практически с любым оборудованием. В рассматриваемой среде есть и более узконаправленные инструменты, такие как PLC Coder, который позволяет генерировать структурированный код, согласно стандарту IEC 61131-3 [2], который поддерживают многие производители контроллеров, такие как Siemens, Rockwell Automation, Omron и др. Кроме того, данная среда содержит специальные средства программирования микроконтроллеров, и специальные IDE, позволяющие взаимодействовать с популярными интеграционными платформами, например такими как Arduino и Raspberry PI. Таким образом среда нас не ограничивает в выборе аппаратной платформы и её выбор зависит только от потребностей системы управления конкретным технологическим процессом.

Исходя из вышесказанного очевидно ещё одно преимущество подхода использования интегрированных систем моделирования с DES-подходом – независимость от аппаратной платформы, реализующей программную логику, что является безусловным плюсом и позволяет гибко переходить с оборудования одного производителя на другого, что в настоящее время на производстве является большой проблемой.

Моделирование и синтез интегрированной системы безопасности предлагается выполнять в несколько этапов: первоначально разработать имитационную модель, представленную иерархически упорядоченными состояниями со связями, затем планируется получить код управляющей

логики на языке C++ и реализовать простое управляющее устройство на базе одной из легкодоступных платформ, например, Arduino.

Полученная модель позволит производить исследования интегрированных систем безопасности и может быть дополнена элементами, моделирующими радио-канальную передачу данных от датчиков к приёмнику и пакетную передачу по сетям, в которых находятся датчики и различные периферийные устройства, что формирует цельную картину происходящих явлений и позволяет производить анализ на предмет реализации различных информационных угроз к системе безопасности некоторого объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Engström V.* PLC Integrated Discrete EventSimulation for Production Systems / V. Engström, L. Zhizhong / CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Gothenburg, Sweden, 2017.
2. The MathWorks Inc.: Stateflow® User's Guide (Release 2017b)/ MathWorks Inc.: U.S.A., 2017.

СЕКЦИЯ «СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»

УДК 634.73+54.061+54.066

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ БАВ В РАЗЛИЧНЫХ СОРТАХ ГОЛУБИКИ

Н.В. Валовень, Е.А. Флюрик

Научный руководитель – Е.А. Флюрик, канд. биол. наук, доцент

Белорусский государственный технологический университет

В статье представлены результаты, полученные в ходе выполнения темы ГБ 17-063 «Выделение и анализ биологически активных веществ из различных сортов голубики». Установлен качественный и количественный состав БАВ ягод различных сортов голубики. Отобраны несколько наиболее перспективных сортов для производства настойки.

Ключевые слова: *голубика, реестр, антоцианы, флавоноиды, настойка, технология производства*

ANALYSIS OF THE CONTENT OF BAS IN VARIOUS BLUEBERRY

N.V. Valoven, E.A. Flyurik

Scientific Supervisor – E.A. Flyurik, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Belarusian State Technological University

The article presents the results obtained during the implementation of GB 17-063 "Isolation and analysis of biologically active substances from different varieties of blueberry". The qualitative and quantitative composition of BAS berries of different varieties of blueberry is established. Selected several of the most promising varieties for the production of tinctures.

Keywords: *blueberry, roster, anthocyanins, flavonoids, tincture, production technology*

В настоящее время наука и инновации в Республике Беларусь являются важнейшими факторами социально-экономического развития. Беларусь избрала инновационный путь развития, в основе которого лежит внедрение результатов научных исследований и разработок в производстве. Важным направлением в развитии народного хозяйства является решение проблемы импортозамещения. Самый выгодный вариант для развития стратегии импортозамещения в Беларуси – это использование в производстве местных сырьевых ресурсов. Например, местное растительное сырье можно применять для извлечения биологически активных веществ (БАВ), которые в свою очередь можно использовать для производства эффективных лекарственных препаратов.

Важнейшие лекарственные средства, получаемые из растений, перечислены и охарактеризованы в специальных изданиях. В нашей стране эти сведения собраны в Государственный реестр лекарственных средств Республики Беларусь, разрешенных для применения в медицинской практике и к промышленному производству (периодически переиздается), и в Государственную фармакопею Республики Беларусь. Однако не все лекарственные растения, которые непосредственно или в виде разных препаратов продаются в аптеках, описаны в Государственной фармакопее. В фармакопею включены наиболее важные, часто применяемые растения или получаемые из них препараты.

Например, голубика (*Vaccinium*) относится к широко и традиционно используемым растениям, однако в фармакопею не включена. Широкий спектр БАВ, содержащийся в составе плодов голубики, обуславливает разнообразное благоприятное воздействие на организм человека. Научная медицина проявляет интерес к плодам голубики, как к источнику целого комплекса БАВ, обладающему антиоксидантными свойствами, улучшающему реологические свойства крови, способствующему укреплению стенки кровеносных сосудов. Антоцианы голубики вовлечены в широкий диапазон биологических воздействий, включая антиокислительное, противовоспалительное и противораковое. Они способны уменьшить риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний через вазопротекторные действия, оказывают благоприятное воздействие на артериальное давление, уменьшают накопление липопротеинов низкой области в виде бляшек. Полифенольные соединения растения характеризуются широким спектром действия, например они способны повышать прочность стенок капилляров (Р-витаминная активность), за счет антиоксидантного действия, что важно при лечении хронической венозной недостаточности, гипертонии и других сердечно-сосудистых заболеваний, связанных с увеличением проницаемости кровеносных капилляров [1, 2].

Детальное изучение химического состава, фармакологических свойств, а затем и клинические испытания растений народной медицины позволяют ежегодно внедрять в практику здравоохранения новые высокоэффективные лекарственные растения и открывать новые свойства растений, хорошо известных ранее [3].

Таким образом, является весьма актуальным изучение и анализ БАВ различных сортов голубики, культивируемых на территории Республики Беларусь для создания новых лекарственных препаратов отечественного производства.

Целью работы было выделить и проанализировать содержания БАВ из различных сортов голубики (*Vaccinium*) для создания новых лекарственных препаратов отечественного производства. Объектами исследования являлись ягоды голубики высокорослой (сорта: Блюкроп, Нортланд, Элизабет, Патриот, Джерси, Рюбел, Герберт); ягоды голубики узколистной (сорта: Янка, Половчанка, Мотего) и Форма 24 – гибрид высокорослой и узколистной голубики.

С помощью современных инструментальных методов был установлен качественный состав БАВ и определенно количественное содержание дубильных веществ, антоцианов, аскорбиновой кислоты и других БАВ в ягодах, а также определен их элементный состав. Установлено, что элементный состав образцов ягод различных сортов идентичен, однако в количественном выражении существенно различается, например, содержание магния в сортах различается более чем в 3 раза, кремния – почти в 5 раз, а кальция – более чем в 2 раза. Дубильных веществ содержится 0,33-1,04%. Наибольшее количество дубильных веществ содержит сорт Половчанка (1,04±0,01)%, а наименьшее сорта Рюбел, Патриот, Джерси. Наибольшее количество антоцианов обнаружено у сорта Блюкроп (0,5124±0,0008)%, а наименьшее – сорта Патриот (0,0492±0,0003)%. Содержание аскорбиновой кислоты колеблется в интервале 4-8%. Проанализирова все полученные результаты нами были выбраны сорта Герберт и Джерси, как самые перспективные для создания настойки.

Таким образом, полученные результаты будут положены в основу разработки методов и способов стандартизации растительного сырья при приемке его на предприятии.

Исследования выполнялись в рамках темы ГБ 17-063 «Выделение и анализ биологически активных веществ из различных сортов голубики».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Булатов А.В.* Спектрофотометрическое определение флавоноидов в растительном сырье / А.В. Булатов [и др.] // Аналитика и контроль. 2012. Т. 16. № 4. С. 358-362.

2. *Мельникович М.Н.* Лекарственные растения в жизни современного человека: результаты социологического исследования / М.Н. Мельникович, Е.М. Тищенко // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. 2015. № 3. С. 80-83.

3. *Ильина Т.А.* Большая энциклопедия лекарственных растений / Т.А. Ильина. М.: Эксмо, 2015. 304 с.

УДК 338.45

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С СТБ ISO 50001

Е.Ф. Кушнер, В.В. Горжанов

Научный руководитель – В.В. Горжанов, канд. техн. наук, старший преподаватель

Белорусский государственный технологический университет

В статье рассматривается методика проведения энергетического анализа, с помощью которой идентифицируют энергозатратные области предприятия и предлагают энергосберегающие мероприятия, что способствует улучшению энергетической результативности.

***Ключевые слова**: система энергетического менеджмента, энергетический анализ, энергосберегающие мероприятия, оценка энергоэффективнсти.*

METHODOLOGY FOR CONDUCTING ENERGY ANALYSIS IN THE IMPLEMENTATION OF THE ENERGY MANAGEMENT SYSTEM IN ACCORDANCE WINTH СТБ ISO 50001

E.F. Kushner, V.V. Gorzhanov

Scientific Supervisor – V.V. Gorzhanov, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer

Belarusian State Technical University

The article discusses the methodology of energy analysis, which identifies energy consuming areas of the enterprise and offer energy saving measures, which contributes to the improvement of energy efficiency.

***Keywords**: energy management system, energy analysis, energy saving measures, energy efficiency assessment.*

Энергосбережение является приоритетом государственной политики Республики Беларусь, которая следует основным мировым тенден-

циям в области энергосбережения, комплексно реализовывая выработанную стратегию в данном направлении:

– сформирована энергетическая политика страны и разработано законодательство в области энергосбережения, устанавливаются показатели по энергосбережению;

– проводится широкомасштабная модернизация производств, внедрение энергосберегающего оборудования, современных технологий, повышение энергоэффективности зданий и инфраструктуры, снижение энергоемкости продукции, экономия топливно-энергетических и материальных ресурсов;

– организациям страны предложен системный подход к энергоменеджменту на основе международных требований (с 1 сентября 2013 г. в Республике Беларусь введен в действие СТБ *ISO* 50001-2013 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению».

Таким образом, государство поставило приоритетную задачу и обеспечило некоторые механизмы для ее реализации. Причем, в первую очередь, заинтересованы в становлении ресурсо- и энергоэффективной экономики производственные малые и средние предприятия, не являющиеся монополистами. Наиболее эффективным способом реализации политики энергосбережения на предприятии является системный подход, т.е. разработка и внедрение системы энергетического менеджмента (СЭМ) согласно СТБ ISO 50001 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению». При функционировании системы энергетического менеджмента предприятие систематически снижает затраты энергии за счет создания систем и процессов, необходимых для улучшения энергетической результативности, включая энергоэффективность, использование и потребление энергии.

Необходимо отметить, что на промышленных предприятиях Республики Беларусь применение систем энергетического менеджмента сегодня находится на начальной стадии (всего на 4 предприятиях внедрена и сертифицирована СЭМ). Среди причин неактивного внедрения СЭМ можно выделить низкий уровень информированности руководителей и ведущих специалистов предприятий о необходимости и преимуществах разработки, внедрения и сертификации СЭМ; отсутствие действенных стимулов для активизации персонала предприятия в направлении распространения и закрепления на практике основных принципов энергетического менеджмента; отсутствие методики оценки энергетических характеристик организации. Это обусловило цель работы, которая заключалась в разработке методики проведения энергетического анализа в соответствии с требованиями СТБ *ISO* 50001.

Под энергетическим анализом понимаются действия, направленные на определение энергетических характеристик организации, что позволяет выявить возможности для улучшения. Для этого необходимо проанализировать использование и потребление энергии, основываясь на результатах измерений и других данных [1]. При проведении энергетического анализа организация должна:

– идентифицировать существующие источники энергии;

– оценить использование и потребление энергии;

– идентифицировать объекты, оборудование, системы, процессы и персонал, работающий в интересах или от имени организации, которые существенно влияют на использование и потребление энергии;

– определить текущую энергетическую результативность объектов, оборудования систем, процессов с идентифицированным значительным использованием энергии;

– осуществить количественную оценку использования и потребления энергии в будущем;

– идентифицировать и документально оформить возможности для улучшения энергетической результативности (установить порядок разработки мероприятий по энергосбережению на год с технико-экономическим обоснованием их эффективности, а также с указанием сроков окупаемости, планируемых источников и объемов финансирования, сроков выполнения этих мероприятий и разработать энергетический паспорт предприятия).

Исходя из поставленных задач, проведение энергетического анализа рекомендуется проводить в несколько этапов. На первом этапе идет сбор информации об использовании и потреблении энергии за прошедший период, которую далее анализируют, выявляя наиболее энергозатратную область на предприятии.

Выделяются следующие направления потребления энергии:

– общезаводские затраты;

– общецеховые затраты для каждого вида продукции;

– технологические затраты каждого вида продукции.

На втором этапе идентифицируют объекты из наиболее энергозатратной области, которые существенно влияют на использование и потребление энергии, а также определяют их текущую энергетическую результативность и осуществляют количественную оценку энергопотребления в будущем. При разработке процедуры и документации на данном этапе учтены требования национальных ТНПА, в частности СТБ 1770, СТБ 1771, СТБ 1772, СТБ 1775.

При этом применяют стационарные и портативные приборы, которые должны иметь:

– поверку в установленном порядке;

– стандартный аналоговый или цифровой выход для подключения к регистрирующим устройствам, компьютерам и другим внешним устройствам;

– автономное питание

– быть компактными и иметь небольшой вес, позволяющий проводить обслуживание на объекте одним человеком.

Целью третьего этапа является критический анализ собранной на предыдущих этапах информации для того чтобы предложить пути снижения затрат на энергоресурсы.

Вся информация, полученная из документов или путем инструментального обследования, является исходным материалом для анализа эффективности использования энергии. Методы анализа применяются к отдельному объекту или предприятию в целом. Конкретные методы анализа энергоэффективности зависят от вида оборудования и исследуемого процесса, типа и отраслевой принадлежности предприятия. После выявления источников потерь и участков нерационального использования энергии можно приступать к разработке предложений и проектов по улучшению ситуации.

Последним этапом энергетического анализа является разработка энергосберегающих рекомендаций (мероприятий). Их разработка проводится путем применения типовых методов энергосбережения к выявленным на этапе анализа объектам с наиболее расточительным или неэффективным использованием энергоресурсов. Конкретные методы энергосбережения, которые могут рассматриваться на различных предприятиях, составлены с учетом Методических рекомендаций по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий [2] и перечислены в приложении методики.

Для каждого этапа методики приведены рекомендуемые для заполнения формы таблиц, заполняемые в процессе сбора, обработки необходимой информации.

Использование данной методики позволит сократить затраты на проведение энергетического анализа и облегчит предприятиям документирование его процедуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 50001:2011 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» – Международный подход к энергоменеджменту» / В.Л. Гуревич [и др.] // Стандартизация. 2012. № 3. С. 58–65.

2. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий // Департамент по энергоэффективности [Электронный ресурс]. 2017. Режим доступа: http://energoeffekt.gov.by/supervision/framework/2468. Дата обр.: 15.01.2018.

УДК 378.14

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ УСЛОВИЯМИ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ СТУДЕНТОВ, ОСВАИВАЮЩИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ МАГИСТРАТУРЫ (НА ПРИМЕРЕ ФГБОУ ВО «ЯГТУ»)

П.А. Лазур, С.А. Соловьева

Научный руководитель – С.А. Соловьева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс маркетинга образовательных услуг на примере ФГБОУ ВО «ЯГТУ». Выявляются наиболее важные критерии удовлетворенности студентов качеством образовательных услуг.

Ключевые слова: *образовательные услуги, маркетинг, менеджмент качества, мониторинг удовлетворенности, анкетный опрос, потребители.*

DRAFTING METHODICAL BASES OF SATISFACTION SCORES CONDITIONS OF EDUCATION IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTE HARNESS MASTER'S DEGRES EDUCATIONAL PROGRAMS (THE EXAMPLE YAROSLAVLSTATE TECHNICAL UNIVERSITY «YSTU»)

P.A. Lazur, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – S.A Solovyeva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

We consider the educational services marketing process by the example «YSTU». Identify the most important criteria for students' satisfaction with the quality of educational services.

Keywords: *educational services, marketing, quality management, monitoring of satisfaction, questionnaire, consumers.*

Ориентация на потребителя является одним из основных принципов менеджмента качества. Наиболее важными вопросами для любой организации, в том числе и для вуза, являются вопросы: «Кто наши по-

требители?» и «Каковы их требования и ожидания в отношении производимой продукции или предоставляемой услуги?». Организация всецело зависит от своих потребителей и поэтому должна стремиться понимать их потребности, выполнять их требования и стремиться превзойти их ожидания. Поэтому ответы на вопросы, поставленные выше, являются важными при разработке и внедрении принципов менеджмента качества в вузе или в его структурном подразделении. Вуз должен контролировать информацию об удовлетворенности или неудовлетворенности своих внутренних и внешних потребителей. Такой контроль рассматривается как один из важнейших источников информации для оценки работы СМК, ее результативности и эффективности.

В данной работе основное внимание было уделено анализу степени удовлетворенности студентов, осваивающих образовательные программы магистратуры, условиями обучения в учреждениях высшего образования на примере Ярославского государственного технического университета (ЯГТУ).

Степень удовлетворенности обучающихся различными аспектами деятельности университета оценивается на основе: поступивших предложений и жалоб кураторам, деканам и заведующим кафедрами, в профсоюзный комитет, юристу вуза; отзывов на форуме сайта ЯГТУ; результатов опросов. Основной метод сбора информации – метод аудиторного группового анкетирования.

С целью изучения студенческой среды в ЯГТУ и определения желательной корректировки деятельности преподавательского состава и администрации вуза в 2016 г. и 2017 г. проводилось социологическое исследование. В 2016 году опрошено 74 студента 1 курса магистратуры (в выборку включены студенты всех очных факультетов); в 2017 году в выборку включены все студенты 2 курса магистратуры 3-х очных факультетов. Опросы показали, что позиции: «желание учиться», «нравится специальность», «известны перспективы на рынке труда», явились главной причиной поступления в ЯГТУ. Ценностные ориентации студентов схожи: «патриотизм, духовность и активность» на всех факультетах получают большое число отметок. Четко выделяется неприятие бескультурья, безответственности, пристрастия к вредным привычкам. Среди факторов, влияющих на качество обучения, доминируют профессионализм преподавателей (8,76 баллов из 10), активность студентов (7,12), материальное обеспечение университета (7,01). Значительное внимание уделяют респонденты социально-психологическому климату в вузе (6,72). В марте 2017 г. проведен анкетный опрос 28 студентов архитектурно-строительного факультета с целью выяснения содержательной наполненности личного досуга студентов и определения уровня организации досуга в вузе. Выявлено, что 1/3 респондентов не участвует в вузовских вне-

учебных мероприятиях, 25% участвуют в культурно-спортивных мероприятиях, 10% в КВН и танцевальных коллективах. 34,3% респондентов хотели бы участвовать в поездках, организованных вузом, но нет такой возможности, но 17,6% – ответили «нет и не желаю» (однако большая часть опрошенных один и более раз воспользовались таким видом проведения досуга). Общая оценка качества организации досуга в вузе, возможности участия студентов в его организации, состояние информированности о проводимых мероприятиях: 1/3 опрошенных – не полностью удовлетворены, считают, что изменения необходимы; 25% - полностью удовлетворены. На рис. 1-3 графически представлены данные, проанализированные после проведения опроса.

Рис. 1. Удовлетворенность качеством предоставляемых образовательных услуг (по 5-балльной шкале)

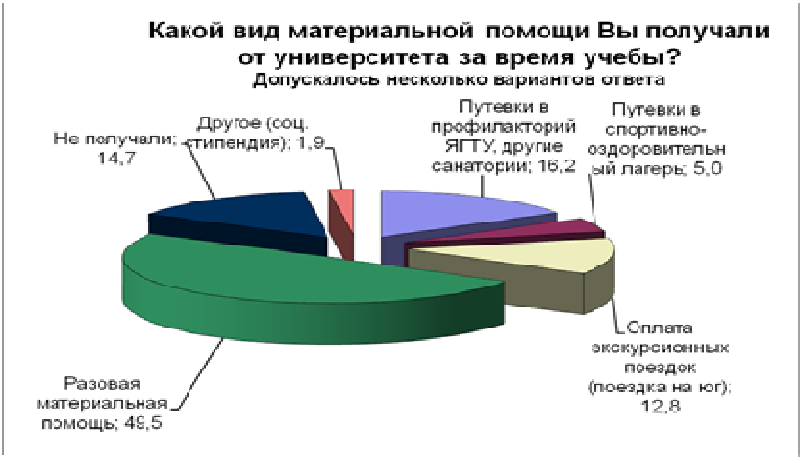


Рис. 2. Виды материальной помощи

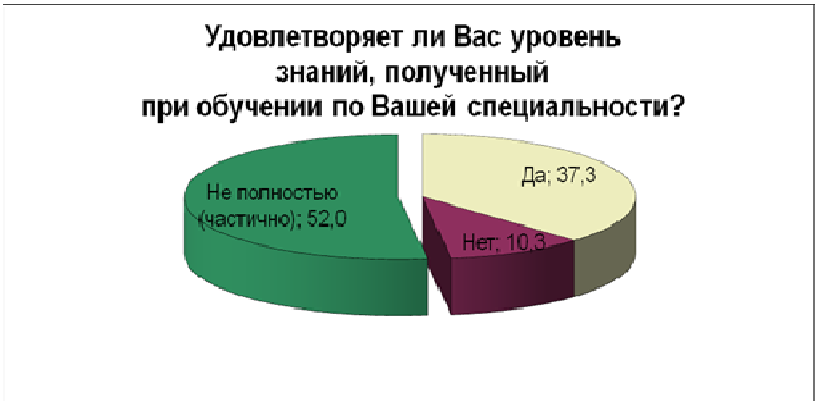


Рис. 3. Удовлетворенность знаниями

Результаты анализа опросов студентов показали, что наибольшее внимание должно быть уделено:

– материально-техническому и санитарно-гигиеническому обеспечению учебного процесса;

– обеспечению доступности учебно-методической литературы и информационных технологий;

– усилению практической подготовки по специальности;

– вовлечению студентов в работу студенческих организаций и прочие виды внеучебной деятельности;

– повышению квалификации ППС (и последующему стимулированию формирования современных знаний и навыков у студентов).

Таким образом, сосредоточив внимание на наиболее важных аспектах оценки удовлетворенности, появляется возможность получить частично-полное видение ситуации в вузе, что позволит предпринять первые шаги для улучшения проблемных сегментов в образовательной и социальной сфере. Моя главная задача в данной работе сводится к углубленному изучению всех сфер жизни вуза с целью выявить все аспекты неудовлетворенности студентов и, путем внутренних и внешних преобразований увеличить процент удовлетворенности студентов качеством образования в вузе. Для этой цели планируется разработать процедуру управления претензиями/жалобами студентов, в которой будет указана четкая последовательность действий по решению проблемных ситуаций внутри университета от момента получения жалобы до момента ее решения. На данный момент исследования все еще продолжаются и, впереди остается еще ряд опросов, которые помогут более точно выявить сегменты, требующие корректировок.

Подводя итог, следует отметить, что необходимость в корректирующих действиях появляется, когда возникают несоответствия продукции или услуг или СМК установленным требованиям. Они выявляются внутри организации или по информации, поступающей в виде претензий от потребителей, в данном случае от студентов или работодателей. Вузу необходимо постоянно помнить о необходимости проведения мониторинга удовлетворенности качеством предоставляемых услуг и выявлять возможные несоответствия. Ведь именно ориентация на потребителя – это все еще один из главных принципов менеджмента качества, особенно при ежедневном росте конкуренции в сфере образования. Именно в расчете на потребителя организация должна определять цель своей деятельности и ставить задачи для ее достижения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.
2. *Фасхиев Х.А.* Удовлетворенность потребителей и ее оценка / Х.А. Фасхиев // Маркетинг в России и за рубежом. 2010. № 2. С. 39-52.

3. *Исаев В.А.* Оценка и мониторинг степени удовлетворенности потребителей образовательных услуг / В.А. Исаев, В.И. Воротилов // Инновации. 2005. № 9. С. 82-84.
4. *Александров С.Л.* Политика в области качества в аспекте целей заинтересованных сторон организации / С.Л. Александров // Методы менеджмента качества. 2006. № 1. С. 21-26.
5. *Гаффорова Е.Б.* Создание системы менеджмента качества в вузе / Е.Б. Гаффорова // Методы менеджмента качества. 2007. № 12. С. 12-16.
6. *Дубровская Е.С.* Методы оценки удовлетворенности потребителей / Е.С. Дубровская // Методы менеджмента качества. 2006. № 4. С. 26-30.

УДК 006.053:663.91

ПРИМЕНЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ ПРОИЗВОДСТВА ШОКОЛАДА

Н.А.Смирнова, С.А. Соловьева

Научный руководитель - С.А. Соловьева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается применение документации по технологическому контролю производства шоколада на предприятии ООО «Собрание» с целью проведения на производстве эффективного технологического контроля.

Ключевые слова: *документация, шоколад, результативность, технологический контроль производства, регистрационный метод.*

APPLICATION OF DOCUMENTATION FOR TECHNOLOGICAL CONTROL OF CHOCOLATE PRODUCTION

N.A. Smirnova, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – S.A. Solovyeva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The application of the documentation on the technological control of the production of chocolate at the enterprise "Sobranie" LLC is considered with the purpose of conducting effective technological control at the plant.

Keywords: *documentation, chocolate, effectiveness, technological control of production, registration method.*

Технологический контроль производства – это так называемый внутрипроизводственный контроль всех стадий технологического процесса производства шоколадной продукции. Данный вид контроля представляет собой мероприятия, в процессе которых происходит проверка технологической дисциплины, соблюдение требований нормативных документов.

Целью данного процесса является осуществление контроля на всех этапах производства кондитерских изделий для обеспечения потребите-

лей качественной продукцией ООО «СОБРАНИЕ» в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р ISO 9001-2015.

Задачами данного процесса являются:

- повышение качества выпускаемой продукции;
- проверка соответствия закупаемого сырья и материалов требованиям стандартов;
- укрепление технологической дисциплины,
- выявление отклонений от технологического процесса;
- предотвращение выпуска некачественной продукции с предприятия;
- определение этапов работ процесса;
- закрепление ответственности по выполнению этапов работ процесса;
- определение параметров и результативности процесса «Технологический контроль».

В ходе прохождения практики на ООО «Собрание» был разработан стандарт организации, который охватывает все этапы производства шоколада и описывает ведение контроля на них.

В разработанном стандарте организации конкретно проведена работа по исполнению работ и закреплению функциональной ответственности за определенными лицами, приведено разъяснение этих работ. Данная информация приведена в матрице распределения ответственности, фрагмент которой представлен на рис. 1.

Подпроцессы (функции, работы)	Должностные лица									
	ГД	НП	НОМТС	СТ	НЦ	Мастера	Технологи	АЛ	НОМ	КСС
Входной контроль										
1. Оценка состояния сопроводительной документации	-	-	И	О	-	-	-	-	-	И
2. Отбор проб сырья и материалов	-	И	-	О	-	-	-	У	-	-
3. Проведение анализа (испытаний) отобранных образцов сырья и материалов	-	О	-	И	-	-	У	У	-	-

Рис. 1. Фрагмент матрицы распределения ответственности

Примечание: На рис. 1 должностные лица и подразделения обозначены как:

«О» – ответственные за выполнение работы (процесса).

«У» – участвующие в работе (процессе).

«И» – информирующиеся о выполняемой работе (процессе).

Данный стандарт установит порядок проведения технологического контроля в полном объеме, включив в себя входной контроль, контроль в процессе производства и выходной контроль.

В результате применения этого стандарта организации на предприятии появятся дополнительные необходимые формы отчетности, включающие в себя: отчеты работы по процессу за месяц, дополнительные регистрационные журналы, производственные журналы, оперативные журналы, форма паспорта качества.

Кроме того, важнейшим этапом будет введение на производственном участке дополнительных точек контроля процесса производства, которые, помимо критических контрольных точек, выявленных при внедрении на предприятии принципов ХАССП, будут служить на производстве так называемыми «хранителями» элитного импортного сырья, так как будут направлены на уменьшение процента брака в готовой продукции.

Такими дополнительными точками контроля процесса производства могут являться:

- точка контроля на стадии входного контроля шоколадного сырья;
- точка контроля на стадии плавления шоколадного сырья;
- точка контроля режимов подготовки сырья для производства;
- точка контроля «отливки» шоколада;
- точка контроля режимов охлаждения и режимов темперирования;
- точка контроля на стадии отбраковки шоколада;
- точка контроля упаковочных материалов и процесса упаковки;
- точка контроля готовой продукции (выходной контроль).

Данный стандарт предприятия также описывает методы определения и подсчета показателей процесса, в основу которого заложен регистрационный метод определения значений показателей. Этот метод основан на информации, получаемой путем подсчета числа отклонений (несоответствий), выявленных при проведении этапов работ, а именно на стадии входного контроля, технологического контроля в процессе производства и выходного контроля. Кроме того, для каждого этапа работ выделен показатель, критерий результативности и способ расчета коэффициента результативности.

Таким образом, применив этот метод определения значений показателей процесса, предприятие сможет оценить результативность процесса путем анализа.

Оценка результативности процесса будет проводится с определенной периодичностью. Критерии результативности приведены ниже:

- результативность процесса не должна превышать 10%;
- результативность более 10%, но менее 20% требует принятия корректирующих действий по данному процессу;

- результативность более 20% - требует принятия срочного решения для выявления и устранения причин низкой результативности.

Следовательно, предприятие самостоятельно сможет оценить результативность и предпринять соответствующие действия с целью повышения эффективности.

Таким образом, применение данного стандарта организации на предприятии позволит:

- осуществить контроль на всех этапах производства кондитерских изделий для обеспечения потребителей качественной продукцией;
- установить порядок проведения контроля;
- разработать необходимые дополнительные формы отчетности;
- ввести на производственном участке дополнительные точки контроля процесса производства;
- самостоятельно оценить результативность процессов путем регистрационного метода показателей результативности процесса.

Данный стандарт в настоящее время поможет предприятию грамотно оценить результативность, вовремя проводить корректирующие действия и тем самым, не терять доверие потребителя продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ISO 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2015. 32 с.

2. ГОСТ Р ISO 22000-2007. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. М.: Стандартинформ, 2012. 36 с.

УДК 006.053

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА НА ГЕКСАФЕРРИТ БАРИЯ

И.С. Черникин, С.А. Соловьева

Научный руководитель – С.А. Соловьева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается ГОСТ 2.114-2016 Единая система конструкторской документации. Технические условия, технологический регламент, технические условия, нормативно-методическая документация на гексаферрит бария.

Ключевые слова: *технические условия, технологический регламент, гексаферрит бария.*

DEVELOPMENT TECHNICAL SPECIFICATIONS AND TECNOLOGICAL REGULATIONS FOR BARIUM HEXAFERRITE

I.S. Chernikin, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – S.A Solovyeva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper considers GOST 2.114-2016 Unified system for design documentation. Technical specifications, technological regulations, technical specifications, procedural documentation for barium hexaferrite.

Keywords: *technical specifications, technological regulations, barium hexaferrite.*

В настоящее время в различных отраслях промышленности широко используются магнитотвёрдые материалы. Одним из наиболее перспективных материалов является гексаферрит бария. Для производства гексаферрита бария необходимо разработать нормативно-методическую документацию.

В нормативно-методическую документацию на гексаферрит бария входят:

1. Технические условия;

2. Технологический регламент;

3. Паспорт безопасности.

1 апреля 2017 года введена в действие новая редакция ГОСТ 2.114-2016 Единая система конструкторской документации. Технические условия. В соответствии с нововведениями ГОСТа 2016 года издания, указанных в таблице 1, требуется пересмотр некоторых разделов уже существующих и разрабатываемых технических условий на продукцию.

Таблица 1. Различия ГОСТ 2.114-2016 в сравнении с ГОСТ 2.114-95

Название раздела (подраздела)	Требования ГОСТ 2.114-95	Требования ГОСТ 2.114-2016
Область применения	Настоящий стандарт устанавливает общие правила построения, оформления, изложения, согласования и утверждения технических условий (ТУ) на продукцию	Настоящий стандарт распространяется на изделия машиностроения и приборостроения всех отраслей промышленности, изготавливаемые и применяемые по конструкторской документации, выполняемой в соответствии с требованиями Единой
Термины, определения и сокращения	Отсутствует	Добавлен новый раздел
Основные положения	Технические условия являются техническим документом.	ТУ в соответствии с ГОСТ 2.102 являются КД, содержащим требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать
Технические требования	В разделе должны быть приведены требования, нормы и характеристики, определяющие показатели качества и	Для изделий, ние которых по истечении определенного срока ставляет опасность для жизни, здоровья людей, окружающей среды или

	потребительские (эксплуатационные) характеристики продукции.	может причинить вред имуществу граждан, ны устанавливаться сроки службы, по истечении торых изделие считается непригодным для зования по назначению (перечень таких изделий составляют в установленном порядке)». В подразделе маркировка добавлено требование – «Сведения о местонахождении изготовителя»
Требования контроля	Название раздела «Методы контроля»	Новое название раздела «Требования контроля». Введено понятие «Программы контроля».
Указания по эксплуатации, в том числе требования хранения, транспортирования и утилизации	Раздел«Хранение и транспортирование»	Новое название раздела «Указания по эксплуатации, в том числе требования хранения, транспортирования и утилизации». Раздел «Хранение и транспортирование» вынесен подразделом.

В нормативно-методическую документацию на гексаферрит бария также входит технологический регламент. Так как на кафедре «Охраны труда и природы» ФГБОУ ВО «ЯГТУ» была разработана новая технология производства гексаферрита бария, было принято решение создать лабораторный технологический регламент, поскольку установка по производству гексаферрита бария не выпускает товарную продукцию. Технологический регламент на гексаферрит бария разрабатывается в соответствии с Положением «О технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса».

В состав разработанного мною лабораторного технологического регламента «Установка получения гексаферрита бария» входят разделы:

1. Назначение установки;

2. Характеристика сырья, полупродуктов, готового продукта, отходов, стоков и выбросов;

3. Описание технологической схемы и расположение аппаратуры;

4. Контроль производства и управление технологическим процессом;

5. Требования к безопасной эксплуатации;

6. Чертеж технологической схемы производства;

7. Спецификация на основное технологическое оборудование и технические устройства.

Разработанная нормативно-методическая документация на гексаферрит бария позволит обеспечить безопасный выпуск продукции требуемого качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ 2.114-2016 Единая система конструкторской документации. Технические условия

2. Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса.

УДК 006.063:614.822

АТТЕСТАЦИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА СП-01 ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПАДЕНИЯ С ВЫСОТЫ НА ЗАО ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ «ЭМЗ»

А.С. Дементьева, Е.П. Кондратьева

Научный руководитель – Е.П. Кондратьева,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается аттестация испытательного оборудования для средств индивидуальной защиты от падения с высоты, документация необходимая для прохождения аттестации.

***Ключевые слова**: аттестация, испытательное оборудование, средства индивидуальной защиты от падения с высоты, документы для аттестации испытательного оборудования*

APPRAISAL OF SP-01 TEST STAND FOR MEANS OF INDIVIDUAL PROTECTION FROM FALLING FROM HEIGHT TO EMZ HOLDING COMPANY

A.S. Dementyeva, E.P. Kondratyeva

Scientific Supervisor - E.P. Kondratyeva, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The certification of testing equipment for personal protective equipment against falling from height is considered, the documentation is necessary for passing the certification.

***Keywords:** attestation, test equipment, personal protection against falling from height, documents for certification of testing equipment*

Падение с высоты по статистике является основной причиной тяжелых травм и несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте. Правилами безопасности работы на высоте предусматривается страховка людей, работающих в местах, где существует опасность падения с высоты.

К средствам индивидуальной защиты от падения с высоты относятся: страховочные и удерживающие системы, системы позиционирования.

Данные средства индивидуальной защиты должны соответствовать требованиям безопасности ТР/ТС 019-2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» [1]. Для оценки соответствия требований безопасности на испытательном стенде проводят измерение следующих параметров: усилие, передаваемое на человека в момент падения, при использовании страховочных систем не должно превышать 6 кН; усилие,

передаваемое на человека, при использовании удерживающей привязи не должно превышать 4 кН; статическая нагрузка компонентов и соединительных элементов страховочных и удерживающих систем должны выдерживать не менее 15 кН.

Контроль качества и требований безопасности выпускаемой продукции основан на методах предусматривающих, разрушение изделия. Испытания проводятся на специальном оборудовании утвержденного типа. Таким оборудованием является стенд СП-01 для измерения усилий при испытаниях средств индивидуальной защиты от падения с высоты.

Стенд для измерения усилий при испытаниях средств индивидуальной защиты от падения с высоты СП-01 предназначен для измерения статических и динамических усилий при испытаниях страховочных привязей, удерживающих систем, стропов и соединительных элементов.

Для определения нормированных точностных характеристик испытательного стенда и соответствия требованиям нормативных документов, а также, установления пригодности стенда к эксплуатации необходимо провести аттестацию испытательного оборудования.

Испытательный стенд прошел первичную аттестацию испытательного оборудования и при дальнейшей эксплуатации нуждается в периодической аттестации.

Аттестация испытательного оборудования - определение нормативных точностных характеристик испытательного оборудования, их соответствия требования нормативных документов и установление пригодности этого оборудования к эксплуатации [2].

Аттестация испытательного оборудования подразделяется на первичная аттестация испытательного оборудования, периодическая аттестация испытательного оборудования, повторная аттестация испытательного оборудования.

Периодическая аттестация осуществляется при эксплуатации и хранении испытательного оборудования через определенный промежуток времени и включает в себя: разработку программы аттестации; разработка методики аттестации; проведение метрологической экспертизы программы периодической аттестации с оформлением заключения по результатам метрологической экспертизы.

В работе были рассмотрены: программа испытаний и методики испытаний ЗАО Холдинговая компания «ЭМЗ». В документации были выявлены несоответствия требованиям стандартов на методы испытаний.

Проведена актуализация следующих методик проведения испытаний:

- методы испытаний удерживающих привязей в соответствии с ГОСТ Р ЕН 358-2008 [3];
- методы испытаний страховочных привязей статической и динамической нагрузкой (в комплексе со стропой) в соответствии с ГОСТ Р ЕН 361-2008[4];
- методы испытаний стропа с амортизатором в соответствии с ГОСТ Р ЕН 355-2008 [5];
- внесены изменения в руководство по эксплуатации стенда, для измерения усилий при испытаниях средств индивидуальной защиты от падения с высоты СП-01.

Данные мероприятия позволят пройти периодическую аттестацию испытательного стенда и подготовить лабораторию к успешной аккредитации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент таможенный союз *019/*2011 (ТР ТС 019/2011). О безопасности средств индивидуальной защиты. Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 878.

2. ГОСТ 8.568-97 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения. М.: Госстандарт России, 1998. 11 с. (с Изменениями N 1 от 22.05.2013).

3. ГОСТ Р ЕН 358-2008 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Привязи и стропы для удержания и позиционирования. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2009. 12 с.

4. ГОСТ Р ЕН 361-2008 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Страховочные привязи. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2009. 12 с.

5. ГОСТ Р ЕН 355-2008 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Амортизаторы. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2009. 11 с.

УДК 006.063:614.822

ПОДГОТОВКА К АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПАДЕНИЯ С ВЫСОТЫ

А.С. Дементьева, Е.П. Кондратьева

Научный руководитель – Е.П. Кондратьева,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается область аккредитации средств индивидуальной защиты от падения с высоты, а также этапы аккредитации и нормативная и организационно-методическая документация.

***Ключевые слова**: аккредитация, испытательное оборудование, средства индивидуальной защиты от падения с высоты.*

PREPARATION FOR ACCREDITATION OF TESTING LABORATORY FOR MEANS OF INDIVIDUAL PROTECTION FROM FALLING FROM HEIGHT

A.S. Dementyeva, E.P. Kondratyeva

Scientific Supervisor – E.P. Kondratyeva, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The area of accreditation of personal protective equipment against fall from height is considered, as well as stages of accreditation and regulatory, organizational, and methodological documentation.

***Keywords:** accreditation, testing equipment, individual protection against falling from height.*

Правилами безопасности работы на высоте предусматривается страховка людей, работающих в местах, где существует опасность падения с высоты. Основным средством защиты от падения с высоты являются средства индивидуальной защиты от падения с высоты.

Средство индивидуальной защиты (СИЗ) - носимое на человеке средство индивидуального пользования для предотвращения или уменьшения воздействия на человека вредных и (или) опасных факторов, а также для защиты от загрязнения.

Для определенного вида продукции технические характеристики, определенны в испытательной лаборатории должны соответствовать требованиям безопасности ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты», к этим требованиям относят [1]:

- ✓ усилие, передаваемое на человека в момент падения, при использовании страховочной привязи не должно превышать 6 кН;
- ✓ усилие при использовании удерживающей привязи, передаваемое на человека, не должно превышать 4 кН;
- ✓ статистическую нагрузку для компонентов и соединительных элементов страховочных и удерживающих систем должны выдерживать не менее 15 кН, а стропы, выполненные из синтетических материалов, - не менее 22 кН.

СИЗ проходят испытания на статическую и динамическую нагрузку в испытательной лаборатории (ИЛ), которой в настоящее время требуется аккредитация, подготовка нормативных и организационно-методических документов.

Аккредитация испытательной лаборатории в национальной системе аккредитации - подтверждение национальным органом по аккредитации соответствия юридического лица или индивидуального предпринимателя критериям аккредитации, являющееся официальным свидетельством компетентности юридического лица или индивидуального предпринимателя осуществлять деятельность в определенной области аккредитации.

Область аккредитации (испытательной лаборатории**):** Сфера деятельности испытательной лаборатории, определяемая при ее аккредитации [2].

Область аккредитации распространяется на средства индивидуальной защиты (СИЗ) от падения с высоты, такие как:

- ✓ страховочные системы;
- ✓ удерживающие системы.

Работа по аккредитации включает следующие этапы:

- представление организацией-заявителем заявки на аккредитацию в качестве испытательной лаборатории;
- экспертизу документов по аккредитации;
- организацию и проведение круговых испытаний;
- аттестацию лаборатории;
- анализ всех материалов по аккредитации лаборатории и принятие решения об аккредитации;
- оформление, регистрацию и выдачу лаборатории аттестата аккредитации (либо отказ в аккредитации).

Каждый последующий этап аккредитации проводят при положительном результате предыдущего этапа.

Все процедуры, связанные с аккредитацией, должны быть документированы. Рекомендуемые формы документов, используемых при аккредитации лаборатории, приведены в приложениях[3].

ИЛ должна иметь нормативную и организационно-методическую документацию и актуализированный фонд нормативной документации и методик измерения применительно к сфере своей деятельности. Число документов, которым должна располагать аккредитованная ИЛ включаются:

- положения об ИЛ;
- паспорт ИЛ;
- руководство по качеству;
- нормативно-правовые акты по сертификации;
- документация на порядок проведения испытаний и регистрация данных;
- документация на испытательные образцы;
- документация по персоналу лаборатории;
- документация на измерительное и испытательное оборудование;
- документация по поддержанию условий в помещении;
- документация по ведению архива.

ИЛ должна:

- назначить ответственного по качеству;
- разработать, внедрить и поддерживать систему качества своей деятельности;
- сформулировать и документально оформить свою политику, задачи и свои обязательства в области качества испытаний;
- оформить процедуры, программы, инструкции СК в объеме необходимом для обеспечения качества результатов испытаний, в т.ч. инструкции о порядке отбора и подготовки образцов продукции, о порядке обеспечения единства измерений в лаборатории и т.д.

Анализ позволил выявить этапы аккредитации, а также нормативные и организационно-методические документы, позволяющие начать формирование документов для прохождения аккредитации испытательной лаборатории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 878.
2. Федеральный закон от 28.12.2013 №412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации».
3. Требования к испытательным лабораториям и порядок их аккредитации РД ССПБ-2, утвержден руководителем центрального органа Системы сертификации в области пожарной безопасности в Российской Федерации от 01.07.2006.

УДК 006.44:378

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Н.В. Савина, Н.И. Вершинина

Научный руководитель – Н.И. Вершинина, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются этапы эволюции государственных образовательных стандартов высшего образования. Проведен сравнительный анализ требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования третьего поколения.

Ключевые слова: *федеральные государственные образовательные стандарты, примерная основная образовательная программа, основная профессиональная образовательная программа, профессиональные стандарты, компетенции.*

ANALYSIS OF CHANGES IN THE REQUIREMENTS OF STATE EDUCATIONAL STANDARDS OF HIGHER EDUCATION

N.V. Savina, N.I. Vershinina

Scientific Supervisor – N.I. Vershinina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers the stages of evolution of the state educational standards of higher education. The comparative analysis of requirements of Federal state educational standards of higher education of the third generation is carried out.

Keywords: *federal state educational standards, the approximate basic educational program, the basic professional educational program, professional standards, competences.*

В области высшего образования РФ за последние 20 лет были разработаны и введены в действие три поколения федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), которые являются обяза-

тельными для соблюдения вузами, претендующими на государственную аккредитацию. Главной тенденцией их эволюции стало расширение академических свобод вузов в формировании структуры и содержания образования.

Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» ведущим российским вузам определенных категорий представлено право самостоятельно разрабатывать и устанавливать образовательные стандарты с ограничениями по планируемым результатам обучения и условиям реализации образовательных программ. Требования к условиям реализации и результатам освоения образовательных программ высшего образования, включенные в такие образовательные стандарты, не могут быть ниже соответствующих требований федеральных государственных образовательных стандартов.

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) - совокупность обязательных требований к образованию определенного уровня и (или) к профессии, специальности и направлению подготовки, утвержденных федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере образования.

Государственные образовательные стандарты первого поколения в области высшего профессионального образования (ГОС ВПО-1) были утверждены в 1994 г. В 2000 г. разработаны стандарты второго поколения (ГОС ВПО-2). Федеральные государственные образовательные стандарты третьего поколения были введены в действие в 2011г., после принятия в 2012 г. Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» была разработана новая редакция этих стандартов (ФГОС ВО 3+). С 1 июля 2016 г. вступила в силу новая редакция части 7 статьи 11 Федерального закона № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», в соответствии с которой федеральные государственные образовательные стандарты должны формироваться на основе профессиональных стандартов в части требований к профессиональной компетенции выпускников. В настоящее время федеральные государственные образовательные стандарты в области высшего образования актуализированы (ФГОС ВО 3++) и утверждены. Они вступят в силу 1 сентября 2018 г. и будут применены для обучающихся с нового приема.

Государственные образовательные стандарты ГОС ВПО-1 и ГОС ВПО-2 регламентировали подготовку бакалавров, магистров и дипломированных специалистов по направлениям и специальностям, содержащимся в соответствующем Классификаторе (Перечне). Классификатор ГОС ВПО-1 включал 41 направление подготовки бакалавров и магистров в области техники и технологий и 327 технических специальностей. Пе-

речень ГОС ВПО-2 содержал 44 направления подготовки бакалавров и магистров по техническим наукам, 82 направления подготовки дипломированных специалистов (инженеров) и 312 специальностей, которые включены в направления подготовки дипломированных специалистов.

Стандарты ГОС ВПО-1 и ГОС ВПО-2 содержали требования к структуре и содержанию образования соответствующего уровня, а также перечень дисциплин с указанием временного ресурса, необходимого для их освоения. Таким образом, они ограничивали действия при проектировании и реализации образовательных программ, а также исключали академическую свободу студентов в выборе индивидуального образовательного пути.

ФГОС, в свою очередь, ориентируются не на ресурсы, а на результаты освоения образовательных программ (компетенции выпускников). Они не диктуют требования к минимуму содержания образовательных программ и не определяют перечень предметов, подлежащих изучению. Исключением являются некоторые базовые дисциплины. ФГОС предоставляют вузам больше свобод в формировании содержания образования за счет вариативной части программ, а студентам шанс для формирования индивидуальных учебных планов за счет дисциплин по выбору.

ФГОС ВО 3+ сохранили акцент на компетенции выпускников образовательных программ и более расширили права образовательных организаций в определении структуры и содержания программ. В формате ФГОС ВО 3+ были разработаны 691 стандарт в рамках 57 укрупненных групп направлений и специальностей бакалавриата, специалитета, магистратуры, в том числе 245 стандартов по 23 укрупненным группам направлений и специальностей в области инженерного дела, техники и технических наук. Особенностью ФГОС ВО 3+ стало деление образовательных программ бакалавриата и магистратуры на академические и прикладные (в зависимости от вида основной профессиональной деятельности выпускников).

В новой редакции ФГОС ВО 3++ содержится перечень профессиональных стандартов, которые должны быть отражены в образовательных программах образовательных организаций. Стандарты содержат универсальные компетенции (УК), профессиональные стандарты (ПС), обобщенную трудовую функцию (ОТФ), примерную основную образовательную программу (ПООП) и основную профессиональную образовательную программу (ОПОП) (Табл. 1). Одна из задач перехода на ФГОС ВО 3++ сопряжение профессиональных стандартов и федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования. Актуализированный, в соответствии с требованиями профессиональных

стандартов, ФГОС ВО 3++ предоставляет значительно большую академическую свободу образовательных организаций.

В ФГОС ВО 3+ выпускник, освоивший программу, должен обладать профессиональными компетенциями (ПК), соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа, а в ФГОС ВО 3++ ПК, устанавливаемые программой, формируются на основе профессиональных стандартов (ПС). Профессиональные компетенции могут быть установлены ПООП в качестве обязательных и (или) рекомендуемых. При определении ПК Организация может самостоятельно устанавливает одну или несколько ПК, исходя из направленности (профиля) программы.

Также разделены требования к электронной образовательной среде в целом и при реализации программы с применением дистанционных образовательных технологий. Норматив книгообеспеченности для печатных изданий: не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик, на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль), проходящих соответствующую практику – без разделения на основную и дополнительную.

Требования к кадровому обеспечению - учитываются педагогические работники Организации, участвующие в реализации программы, и лица, привлекаемые к реализации программы на иных условиях.

В работе были рассмотрены этапы эволюции государственных образовательных стандартов высшего образования от ГОС ВПО-1 до ФГОС ВО 3++. Проведен сравнительный анализ требований образовательных стандартов высшего образования третьего поколения, представленный в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования третьего поколения

ФГОС ВО 3+	ФГОС ВО 3++
Требования к структуре программы	
- блоки программы (с отнесением к базовой и вариативной частям); - объем блоков (с выделением базовой и вариативной частей); - обязательные дисциплины (модули) базовой части – бакалавриат и спе-	- блоки программы; - объем блоков; - минимальный объем обязательной части (% от трудоемкости программы); - обязательные дисциплины (модули) (отнесены к обязательной части) - бакалавриат и специалитет;

циалитет; - виды, типы, способы проведения практик; - структура ГИА	- виды и типы проведения практик; - структура ГИА – «выполнение и защита ВКР»; - принцип формирования обязательной части
Требования к результатам освоения программы	
- общекультурные компетенции (ОК); - общепрофессиональные компетенции (ОПК); - профессиональные компетенции (ПК) (по видам деятельности); - ПСК (при наличии)	- универсальные компетенции (УК); - общепрофессиональные компетенции (ОПК); - отсылочная норма к установлению ПК в ПООП и ОПОП; Профессиональные компетенции (ПК): • обязательные – в ПООП; • рекомендуемые (при наличии); - варианты включения ПК в ОПОП; - ссылка на сопряженные с ФГОС ВО профессиональные стандарты
Требования к условиям реализации программы	
- не менее 70% численности педагогических работников соответствуют профилю преподаваемой дисциплины; - доля работников из числа руководителей и работников организаций должна быть не менее 10%; - доля научно-педагогических работников, имеющих ученую степень и (или) ученое звание должна быть не менее 50%	- не менее 60% численности педагогических работников соответствуют профилю преподаваемой дисциплины; - не менее 3% численности педагогических работников Организации должны являться руководителями и (или) работниками иных организаций; - не менее 60% численности педагогических работников Организации должны иметь ученую степень и (или) ученое звание

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ/СПС «КонсультантПлюс». 2012. Ст. 11, п. 10.

2.Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология (уровень бакалавриат): утв. Приказом Минобрнауки в РФ от 06.03.2015 N 168 (ред. от 20.04.2016).

3. Приказ Минобрнауки России от 30.10.2014 № 1412 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология (уровень магистратуры)» (Зарегистрировано в Минюсте России 26.11.2014 № 34923).

УДК 006.91:64.048

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАФЕДРЫ

А.К. Абрамян, Н.И. Вершинина

Научный руководитель – Н.И. Вершинина, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается понятие метрологического обеспечения, задачи которые включает в себя метрологическое обеспечение и его основы. Изучается процесс развития метрологического обеспечения на примере ГБОУ ВО «ЯГТУ».

Ключевые слова: *метрология, метрологическое обеспечение, измерение, качество.*

METROLOGICAL SUPPORT OF THE DEPARTMENT OF THE CHAIR

A.K. Abramyan, N.I. Vershinina

Scientific Supervisor – N.I. Vershinina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The concept of metrological support, tasks that include metrological support and its foundations, is considered. The process of development of metrological support is studied on the example of YSTU.

Key words*: metrology, metrological support, measurement, quality.*

Анализ метрологического обеспечения является важным моментом управления и контроля качества проводимых экспериментов, требующих измерений, так как от этого зависит точность и достоверность полученных данных.

Метрология как наука и область практической деятельности человека зародилась в глубокой древности. На всем пути развития человеческого общества измерения были основой взаимоотношений людей между

собой, с окружающими предметами, с природой. При этом вырабатывались определенные представления о размерах, формах, свойствах предметов и явлений, а также правила и способы их сопоставления. С течением времени и развитием производства ужесточились требования к качеству метрологической информации, что привело к созданию системы метрологического обеспечения деятельности человека. В современном обществе метрологическое обеспечение играет большую роль, так как нет, практически, ни одной сферы человеческой деятельности, где бы ни использовались результаты измерений.

В нашей стране ежегодно выполняется свыше 20 млрд. различных измерений. С помощью измерений получают информацию о состоянии производственных, экономических и социальных процессов. Измерительная информация служит основой для принятия решений о качестве продукции при внедрении систем качества, в научных экспериментах и т.д. и только её достоверность и точность обеспечивают правильность решений на всех уровнях управления, а недостоверная - приводит к снижению качества продукции, авариям, неправильным решениям.

Метрологическое обеспечение предусматривает решение комплексов задач, которые приведены на рис. 1. Функции метрологического обеспечения и контроль за их выполнением позволяют задать необходимую точность экспериментов и повысить качество данных полученных при проведении этих экспериментов. Функции, задачи и выходные документы метрологического обеспечения представлены на рис. 2.

Анализируя метрологическое обеспечения кафедры, необходимо рассмотреть все виды деятельности такого подразделения на примере кафедры технологии материалов, стандартизации и метрологии ГБОУ ВО ЯГТУ: учебную деятельность, научно-исследовательскую деятельность.

Для студентов многих направлений, подготавливаемых на различных факультетах ЯГТУ, на кафедре преподаются общепрофессиональные дисциплины: материаловедение; технология конструкционных материалов; метрология, стандартизация и сертификация. Для направлений подготовки студентов «Стандартизация и метрология» и «Материаловедение и технология материалов» кафедра является выпускающей, поэтому для них читаются также циклы специальных дисциплин.

Система метрологического обеспечения

Метрологическая экспертиза	Метрологический контроль(надзор) за измерительной техникой	Метрологический контроль(надзор) за испытательной техникой	Координирование и планирование метрологической деятельности предприятия
Учёт технической документации	Полный учёт СИ	Учёт средств измерений	Учёт нормативно-технической документации регламентирующей метрологическую дея-
Планирование проведения экспертиз	Учёт СИ по результатам поверки	Планирование профилактических и регламентных работ	Планирование хозяйственной и технической деятельности по метрологическому обеспечению
Контроль планирования планов проведения экспертиз	Перспективное планирование поверочной деятельности	Планирование аттестации средств измерения	Анализ метрологического обслуживания изделий в эксплуатации
Экспертиза конструкторской документации	Калибровочное планирование поверочной деятельности	Аттестация средств измерения	Контроль нормативно-технической и директивной документации
Экспертиза технической документации	Контроль за выполнением плана поверочных работ	Инспекционный контроль состояния средств испытаний в производстве	Контроль хозяйственной и технической деятельности по метрологическому обеспечению производст-
Экспертиза технического процесса производства	Анализ характеристик СИ	Проведение профилактических и регламентных работ	Разработка организационно-технических мероприятий по метрологическому обеспечению
Инспекционный контроль	Аттестация нестандартных СИ	Контроль выполнения аттестации средств измерения	
	Инспекционный контроль	Инспекционный контроль состояния средств измерения и производства	

Рис. 1. Распределение задач метрологического обеспечения

Направления научной деятельности преподавателей кафедры связаны с различными аспектами материаловедения и термической обработки, в том числе, наномодифицирования, с технологией литейного производства и обработки давлением, с управлением качеством, стандартизацией и сертификацией.

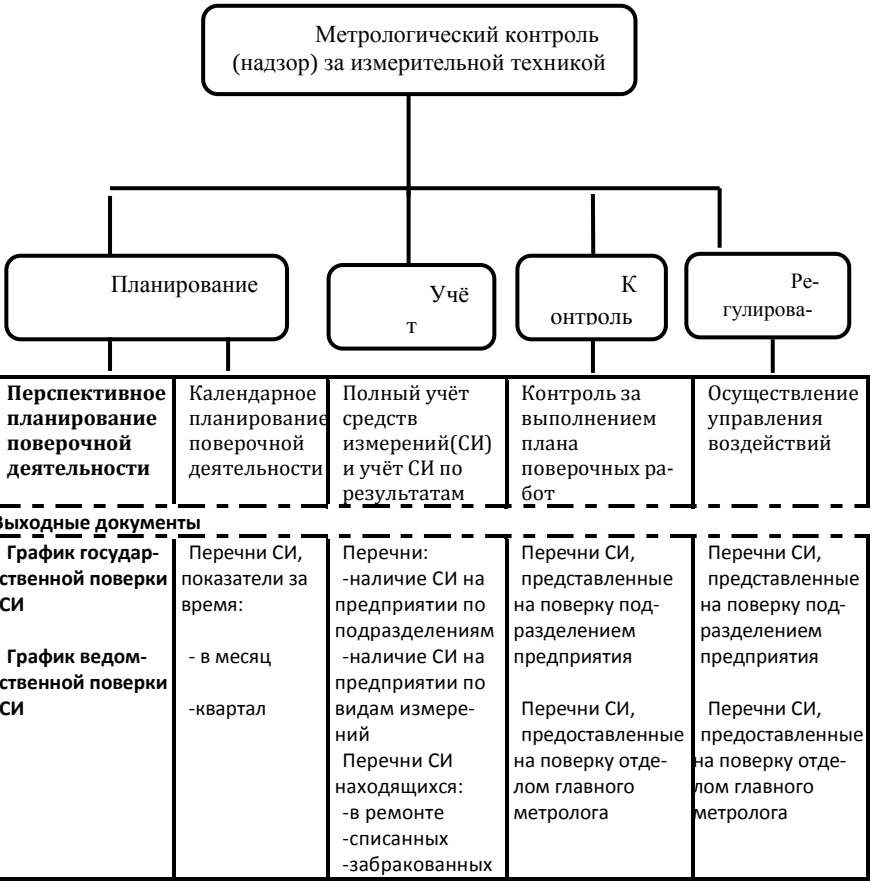


Рис. 2. Функции, задачи и выходные документы метрологического обеспечения

На кафедре модернизируются учебные лаборатории: совместно с компанией «Комацу Мэнуфэкчуринг Рус» лаборатория сварки оборудована сварочным роботом; планируется обновление оборудования лабораторий материаловедения и резания.

Объём метрологического оборудования присутствующего в лабораториях кафедры указан в табл. 1.

Таблица 1. Количество измерительных приборов в лабораториях

УЧЕБНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ				
Лаборатория металлографии	Лаборатория резания	Лаборатория металлографии	Лаборатория сварки	Лаборатория металлографии
93	7	12	12	91

НАУЧНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ		
Лаборатория термообработки	Лаборатория метрологии	Лаборатория сварки
14	5	7

Следовательно, метрологическое обеспечение является важной составляющей кафедры, поскольку кафедра занимается большим количеством экспериментов, требующих измерительной точности и содержит необходимое для этого оборудование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стандартизация и управление качеством продукции: Учебник для вузов / В.А. Швандар, В. Пейджер: Панов, Е.М. Купряков и др.; под ред. В.А. Швандара. М.: Юнити-Дана, 2000. - 487 с.
2. *Шишкин И.Ф.* Метрология, стандартизация и управление качеством. М.: Издательство стандартов, 1990. 342 с.
3. ОСТ 1.00410-81 ОСИ. Автоматизированная система метрологического обеспечения. Основные положения.
4. http://www.ystu.ru/

УДК 691.328:006.91

АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Г.Н. Поварницина, В.А. Иванова

Научный руководитель − В.А. Иванова, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается проведение анализа метрологического обеспечения производства железобетонных изделий с помощью методологии функционального моделирования. Представлены фрагменты декомпозиции функциональной модели IDEF0 и составлен перечень метрологического оборудования на этапе армирования.

Ключевые слова: *железобетонные изделия; метрологическое обеспечение; функциональное моделирование*

ANALYSIS OF METROLOGICAL PROVISION OF PRODUCTION OF CONCRETE PRODUCTS

G.N. Povarnitsina, V.A. Ivanova

Scientific Supervisor − V.A. Ivanova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analyzing of metrological support for the production of reinforced concrete products using the methodology of functional modeling is considered. Fragments of decomposition of IDEF0 functional model are presented and the list of metrological equipment at the stage of reinforcement is made.

Keywords*: reinforced concrete products; metrological support; functional modeling*

Железобетон является искусственным строительным материалом, состоящим из стального арматурного каркаса залитого бетоном и конструктивно объединяющим рабочие свойства стали и бетона. При этом арматура работает на растяжение, а бетон – на сжатие. Железобетонные конструкции — это монолитные или сборные конструкции, выполненные из совместно работающих стального арматурного каркаса и бетона[1].

Для обеспечения качества измерений в технологических процессах при контроле и управлении технологическими параметрами необходимо осуществлять метрологический анализ всех аспектов измерительных процедур [3]. Согласно ГОСТ Р 8.820-2013 [2], метрологическое обеспечение измерений– это систематизированный, строго определенный набор средств и методов, направленных на получение измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми для выработки решений по приведению объекта управления в целевое состояние.

Анализ метрологического обеспечения производства железобетонных изделий (далее - ЖБИ) в данной работе включает два этапа:

I. Построение функциональной модели IDEF0 технологических процессов производства ЖБИ;

II. Проведение анализа метрологического обеспечения технологических этапов.

Методология функционального моделирования IDEF0 используется для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, преобразуемые этими функциями [4]. Каждый этап подвергается декомпозиции. Каждая диаграмма следующего уровня раскрывает более подробное строение диаграммы высшего уровня. Каждая декомпозиция может быть разбита на детали. Стрелки функционального блока, обозначающие вход или выход в блок, а также обозначающие управление или механизм переходят на дочернюю диаграмму. С помощью этого достигается единство IDEF0-модели.

На рис. 1, 2 и 3 показаны фрагменты контекстной диаграммы, её декомпозиции и одной из дочерних диаграмм нижнего уровня процесса производства ЖБИ.

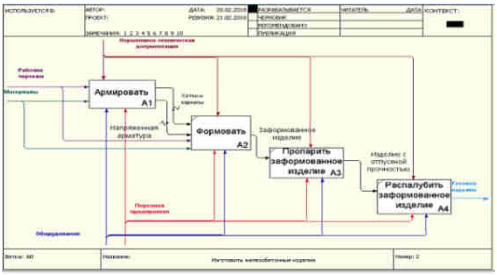


Рис. 1. Контекстная диаграмма процесса производства ЖБИ

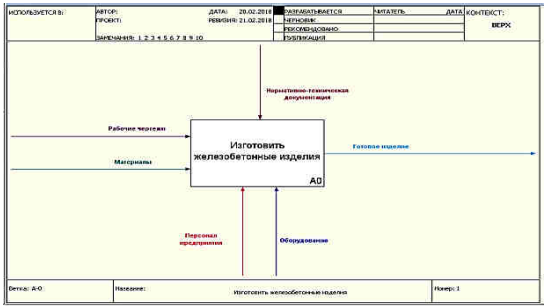


Рис. 2. Декомпозиция контекстной диаграммы процесса производства ЖБИ

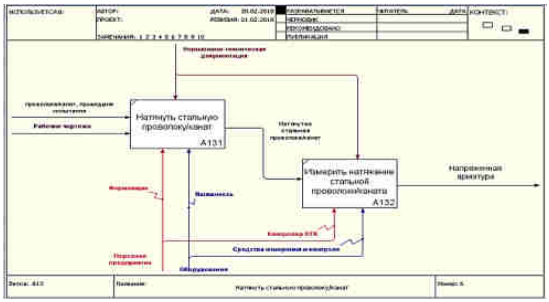


Рис. 3. Дочерняя диаграмма нижнего уровня процесса производства ЖБИ

Процесс технологии изготовления ЖБИ на этапе армирования включает в себя следующие действия:

1) подготовить проволочную и прутковую сталь (испытания, резка, правка, стыковка и гнутьё);

2) собрать арматурных сеток и каркасов (сборка плоских сеток и каркасов, сборка объёмных каркасов, контроль);

3) натянуть стальную проволоку/канат (натяжение, измерение натяжения).

Результаты анализа метрологического обеспечения технологических этапов производства ЖБИ на этапе армирования на нижних уровнях представлены в табл. 1.

Таблица 1. Метрологическое обеспечение процесса армирования

ННомер блока	Наименование этапа	Нормативная документация	Измеряемый параметр	Необходимые средства испытаний, средства контроля, испытательное оборудование
1	2	3	4	5
111	Испытать проволочную и прутковую сталь	ГОСТ 5781-82	Диаметр и овальность профилей	рулетка металлическая измерительная
				линейка металлическая измерительная
				штангенциркуль
		ГОСТ 1497-84	Разрыв	разрывные и универсальные испытательные машины
				штангенциркуль
				микрометр
				тензометр
				линейки металлические измерительные
		ГОСТ 14019-2003	Изгиб	универсальные испытательные машины или прессы, снабженные следующими устройствами: -изгибающим устройством с двумя опорами и оправкой; -изгибающим устройством с V-образной выемкой и оправкой; -изгибающим устройством с тисками
		ГОСТ 9454-78	Ударная вязкость	маятниковые копры
				термостат
				штангенциркуль
123	Произвести контроль сеток и каркасов	ГОСТ 10922-90, ГОСТ 23279-2012	Размеры арматурных и закладных изделий и сварных соединений	рулетка металлическая измерительная
				линейка металлическая измерительная
				штангенциркуль
				рейка
				шаблон
				скоба
			Наружный осмотр наплавленного металла в сварных соединениях	лупа четырехкратного увеличения

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
			Отклонение от перпендику-лярности анкерных стержней	угольник поверочный 90°
132	Измерить ение стальной локи/каната	ГОСТ 22362-	Сила ения уры	механический прибор типа
				электромеханический прибор ЛИН
				прибор ИПН-7
				образцовый динамометр
				образцовый манометр
				линейка металлическая ительная
				рулетка металлическая ительная
				штангенциркуль

Анализ метрологического обеспечения производства железобетонных изделий показал, что каждый технологический этап содержит все необходимые средства, требуемые для проведения измерений, контроля и испытаний на каждой ступени изготовления изделия на этапе армирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бакулин А.А.* Толковый строительно-архитектурный словарь (Редакция вторая дополненная). Смоленск, 2008. 78 с.
2. ГОСТ Р 8.820-2013. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2014. 54 с.
3. *Кондрашкова Г.А.* Метрологический анализ систем измерения и управления: учебное пособие / Г.А. Кондрашкова, И.В. Бондаренкова, А.В. Черникова / ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2017. 134 с.
4. Р 50.1.028-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. М.: Госстандарт России, 2001, 53 с.

УДК 53.088.228

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОПАР ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЕЛЬТА-ФУНКЦИИ

В.И. Крюкова, Л.М. Кириллова

Научные руководители - Н.И. Болонов, д-р техн. наук, профессор;
Е.Д. Пометун, старший преподаватель

ГОУ ВПО «Донецкий Национальный Университет»

В статье приводятся результаты измерений динамических характеристик термоэлектрических преобразователей (термопар). Предложен метод моделирования ступенчатого испытательного сигнала, основанного на создании температурно-стратифицированного объема жидкости. Экспериментально определены переходные характеристики термопары при различном перепаде температуры между стратами.

Ключевые слова: *термопара, динамические характеристики, дельта-функция.*

INVESTIGATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE THERMOCOUPLE WHEN EXPOSED TO A DELTA – FUNCTION

V.I. Kryukova, L.M.Kirillova

Scientific Supervisors – N.I. Bolonov, Doctor of Technical Sciences, Professor;
E.D. Pometun, Senior Lecturer

Donetsk National University

The article presents the results of measurements of the dynamic characteristics of thermoelectric converts (thermocouples). The method of simulation of step test signal based on creation of temperature-stratified volume of liquid is offered. The experimentally determined transient response of the thermocouple at various temperature difference between the strata.

Keywords: *thermocouple, the dynamic characteristic of the Delta-function.*

Введение

Одно из первых мест по количеству используемых в промышленности и научных исследований занимают измерители температуры на

основе термопар. В связи с этим, отработка способов экспериментального исследования динамических характеристик (ДХ) термопар в динамических условиях является актуальной задачей.

В данной работе в качестве типового возмущения выбрана модель импульсного испытательного сигнала, описываемая функцией, достаточно близкая по форме к функции Дирака (дельта-функции $\delta(t)$).

Целью данной работы является исследование ДХ измерительных преобразователей (термопар), при воздействии на чувствительный элемент импульсного испытательного сигнала прямым методом в области больших и малых возмущений.

Основная часть

Для исследования ДХ термопреобразователей, в ГОУ ВПО ДонНУ разработан стенд, позволяющий моделировать воздействие ступенчатого и импульсного испытательных сигналов на исследуемый термопреобразователь

Измерительный стенд состоит из трех основных частей: генератора испытательного сигнала (температурно-стратифицированной жидкости), исследуемого термопреобразователя, и координатного устройства для перемещения термопары.

Измерения выполнялись следующим образом (рис. 1): колба 3 наполнялась водой с температурой окружающей среды, в отдельной емкости вода доводилась до температуры кипения и, с целью визуализации слоев температурно-стратифицированной жидкости в кипящую воду добавлялся анилиновый краситель.

Окрашенная вода заливалась в колбу 3, таким образом, что бы холодный и горячий слои не перемешивались. Плотность воды в горячем слое была меньше, чем в холодном, в результате чего, он располагается вверху. Толщина окрашенного слоя Lбыла равна 15 мм. С помощью координатного устройства 1 термопара 2 перемещалась из воздуха, пересекая горячий слой, останавливалась во втором слое. Выходной сигнал термопары регистрировался с помощью АЦП фирмы National Instruments NI Usb-6001 и виртуального прибора, разработанного в программе LabVIEW Signal Express. Время регистрации выходного сигнала задавалось по условию завершения переходного процесса. Эксперимент повторяется до тех пор, пока температура горячего слоя не приблизится к температуре холодного слоя, т.е. $T_1 \approx T_2$ (около 10 раз).

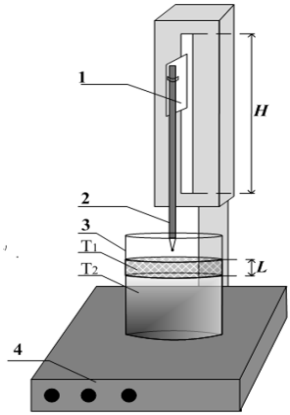


Рис. 1. Графическое изображение измерительного стенда:
1 - координатное устройство, 2 – термопара, 3 - колба, 4 – переключатели, T_1, T_2 – термпературно-стратифицированная жидкость, H – высота перемещения термопары, L - ширина горячего слоя (T_1,)

После перемещения датчика, на экране монитора наблюдался переходной процесс. На рис. 2 показано рабочее окно программы с результатами наблюдения.

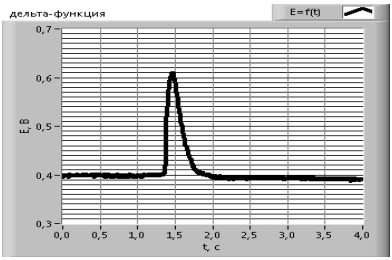


Рис. 2. Окно программы с полученными результатами наблюдения при воздействии импульсного сигнала со свойствами дельта-функции

Время воздействия теплового импульса было выбрано значительно меньше, чем предполагаемая постоянная времени (τ)термопары.

Полученные τпри различных перепадах температуры между слоями температурно стратифицированной жидкости приведены на рис. 3.

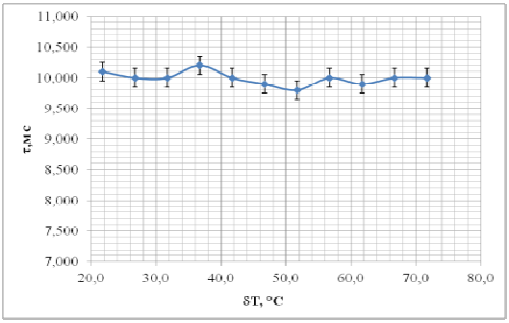


Рис. 3. Зависимость постоянной времени термопары от скорости $\tau = f(\Delta T)$

Величина τ исследуемой термопары слабо зависит от амплитуды воздействия (разности температур между слоями жидкости), и равняется $\tau \approx 0.01$ с. Данный эффект можно объяснить следующим образом. При прямом способе определения динамических характеристик вся поверхность данного термопреобразователя имеет температуру среды. После пересечения температурно-стратифицированного слоя, поверхность датчика охлаждается, а внутренний объем термопреобразователя – нагревается. В результате этого, учитывая малый объем ЧЭ (0.041мм^3) и отсутствие различных защитных оболочек, время реакции практически не зависит от разности температуры между слоями.

Выводы:

1. Описан прямой метод исследования ДХтермопреобразователей при воздействии ступенчатого испытательного сигнала со свойствами дельта-функции, путем перемещения чувствительного элемента датчика между слоями температурно-стратфицированной жидкости.
2. Полученные экспериментальные постоянные времени исследуемой термопары, слабо зависят от разности температуры между слоями жидкости (большой и малый параметры воздействия).
3. Описанный метод исследования может применяться и для определения ДХ других типов термопреобразоваелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МИ 2090-90. ГСИ. Определение динамических характеристик линейных аналоговых средств измерений с сосредоточенными параметрами. Введ. 1991-08-01. М.: Изд-во стандартов, 1991. 66 с.
2. *Зедгинидзе Г.П.* Математические методы в измерительной технике / Г.П. Зедгинидзе, Р.Ш. Гогсадзе. М.: Изд-во комитетов стандартов, 1970. 615 с.

3. ГОСТ Р 8.585-2001. Государственная система обеспечение единства измерений. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразование. – Введ. 2001-11-21. М.: Изд-во стандартов, 2002. 82 с.
4. ГОСТ 8.009-84. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. Введ. 1986-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1985. 27 с.
5. *Пометун Е.Д.* Динамические характеристики термоэлектрических преобразователей / Е.Д. Пометун, В.Н. Лебедев // Труды второго международного научно-практического семинара Повховсике научные чтения. Донецк, 2012. С. 301-306.

УДК 006.91:658.1

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ РУКОВОДСТВА ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Т.А. Бахарева, Е.Ф. Трофимов

Научный руководитель – Е.Ф. Трофимов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Изучены особенности разработки руководства по метрологическому обеспечению, производственные процессы предприятия и документы, относящиеся к метрологическому обеспечению. Ставится задача упрощения формирования единого представления о метрологическом обеспечении у руководителей организации и метрологической службы.

Ключевые слова: *метрологическое обеспечение, руководство, производственные процессы, предприятие, документы, обеспечение единства измерений.*

FEATURE THE DEVELOPMENT OF THE GUIDANCE ON METROLOGICAL ASSURANCE OF PRODUCTION PROCESSES OF THE ENTERPRISE

T.A. Bahareva, E.F. Trofimov

Scientific Supervisor – E.F. Trofimov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Features of development of the manual on metrological providing, production processes of the enterprise and the documents relating to metrological providing are studied. The aim is facilitate the formation of a unified view on metrological assurance from the leaders of organizations and metrological services.

Key words: *metrological assurance, guidance, production processes, company, documents, ensuring the uniformity of measurements.*

Метрологическое обеспечение на любом предприятии и производстве играет важную роль. Оно обеспечивает повышение качества продукции, эффективность управления производством и уровень автомати-

зации производственных процессов. При грамотной организации метрологического обеспечения на производстве можно добиться:

– эффективного использования материальных ценностей и рационального использования энергетических и природных ресурсов;
– высокого уровня автоматизации всех процессов на производстве;
– высокого качества, точности и надежности выпускаемой продукции;
– минимизации затрат на контроль, испытания и измерения на всех этапах жизненного цикла продукции;
– конкурентоспособных позиций на рынке.

Согласно Федеральному закону от 26.06.2008 №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» метрологическое обеспечение затрагивает все этапы жизненного цикла продукции. В данном законе описываются требования к измерениям, единицам величин, эталонам, калибровке и поверке средств измерений, метрологическим службам, аккредитации служб и лабораторий, всему, что относится к метрологическому обеспечению [1].

Федеральный закон №102 «Об обеспечении единства измерений» содержит много новаций, например:

– малое количество подзаконных актов;
– необходимость наличия перечня измерительных ситуаций, требующих государственного регулирования;
– правовое регулирование требований к измерениям;
– установление ответственности за работы по производству и ремонт средств измерений;
– регулирование условий деятельности аккредитованных юридических лиц и государственных метрологических центров [2].

Метрологическое обеспечение сопровождает изделие на всех этапах его жизненного цикла. Правильное понимание его целей и задач метрологического обеспечения на всех этапах жизненного цикла продукции позволяет грамотно организовать метрологическое обеспечение на предприятии. Без этого нельзя добиться высокого качества, надежности и конкурентоспособности рынке.

Метрологическое обеспечение можно представить в виде большой системы, состоящей из множества взаимосвязанных между собой процессов. К таким процессам можно отнести, например:

– планирование и определение требований к измерениям, испытаниям и контролю качества продукции;
– метрологическое подтверждение пригодности средств измерений;
– анализ состояния и совершенствование метрологического обеспечения продукции.

Каждый процесс на производстве сопровождается нормативно-технической и регламентационной документацией. При разработке руководства по метрологическому обеспечению необходимо учесть каждый из документов, относящийся к метрологическому обеспечению и процессам. На рис. 1 представлена общая схема структуры документации, отражающей особенности метрологического обеспечения предприятия.

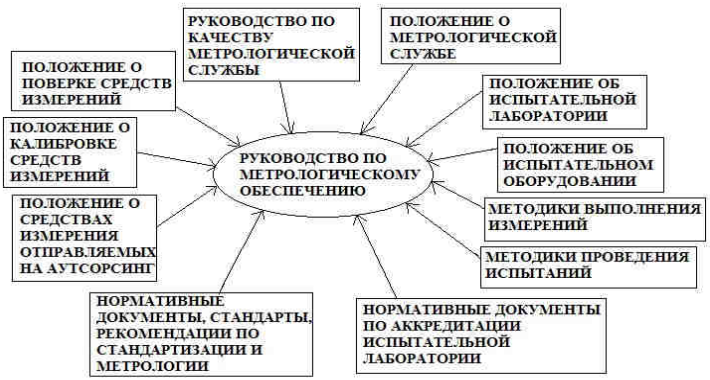


Рис. 1. Общая схема структуры документации, отражающей особенности метрологического обеспечения предприятия

Руководство по метрологическому обеспечению может состоять из различных разделов, но можно выделить два основных, это: обеспечение единства измерений и эксплуатация средств измерений.

Проанализировав уже имеющиеся в свободном доступе руководства по метрологическому обеспечению можно сделать вывод, что в них содержатся сведения, в основном, об обеспечении единства измерений, поверке и калибровке средств измерений и государственном метрологическом надзоре. В разных руководствах бывают и дополнительные пункты, например аттестация методик выполнения измерений, аттестация испытательной лаборатории, эксплуатация средств измерений и т.д. [3, 4].

Структура руководства по метрологическому обеспечению может отличаться в зависимости от специфики метрологической деятельности организаций. Также в руководствах по метрологическому обеспечению присутствуют многочисленные приложения, в которых содержатся формы и бланки документов, относящихся к метрологическому обеспечению, что на наш взгляд может быть вынесено в отдельные внутренние нормативные документы организации.

Проанализированные руководства по метрологическому обеспечению разрабатывались на основе двух документов: Федерального закона РФ «Об обеспечении единства измерений» и Положения о Метрологической службе. Остальные указанные в руководствах документы относятся к сфере их использования [3; 4].

Основной целью руководства по метрологическому обеспечению является организация всего метрологического обеспечения предприятия в одну единую рабочую систему так, чтобы каждый сотрудник мог понять все особенности метрологического обеспечения и качественно выполнять свою работу.

Разработанное руководство по метрологическому обеспечению должно позволить руководителям организации и метрологической службы предприятия сформировать единое представление о вопросах организации метрологического обеспечения с целью его поддержания в рабочем состоянии и дальнейшего совершенствования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (дата обращения 21.02.2018)

2. *Грановский В.А.* Метрологическое обеспечение на промышленном предприятии: проблемы и решения [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://metrob.ru/html/Stati/metrolob/granovskiy.html?page=6 (дата обращения 21.02.2018)

3. Приказ от 17.05.2000 № 245 «Об утверждении Руководства по метрологическому обеспечению Вооруженных Сил Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studfiles.net/preview/2629423/ (дата обращения 21.02.2018)

4. Приказ от 04.07.2007 № 814 «Об утверждении Руководства по метрологическому обеспечению таможенных органов» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/902055085 (дата обращения 21.02.2018)

УДК 006.06

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ САМООЦЕНКИ МЕНЕДЖМЕНТА ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ВНЕДРЕНИЯ СТАНДАРТА ГОСТ Р ИСО 9004-2010

И.Е. Мухаммадеева, П.С. Федорова, Е.Ф. Трофимов

Научный руководитель – Е.Ф. Трофимов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматривается методика самооценки организации по критериям функциональной модели оценки менеджмента. Приводится разработанная анкета и результаты самооценки системы менеджмента качества на примере одного из государственных учреждений.

Ключевые слова: *самооценка, система менеджмента качества, результативность, устойчивый успех организации.*

ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE SELF-ASSESSMENT OF THE MANAGEMENT OF THE STATE INSTITUTION TO IMPLEMENT THE STANDARD GOST R ISO 9004-2010

I.E. Mukhammadeeva, P.S. Fedorova, E.F. Trofimov

Scientific Supervisor – E.F. Trofimov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper considers the methodology of a self-assessment of an organization by the criteria of a functional model of management evaluation. The developed an-keta and the results of the self-assessment of the quality management system are presented on the example of one of the state institutions.

Key words: *self-assessment, quality management system, performance, steady success of the organization.*

Неотъемлемой частью концепции TQM является самооценка. В соответствии с международным стандартом ИСО 9004-2000, самооценка – это тщательное оценивание, обычно проводимое самим руководством организации, итогом которого является мнение или суждение о результа-

тивности и эффективности организации и уровне зрелости системы менеджмента качества. Самооценка может использоваться организацией для сравнения своей деятельности с лучшими достижениями ведущих организаций и показателями мирового уровня по данному виду деятельности. Она помогает оценить улучшения деятельности организации.

Масштаб и уровень самооценки необходимо планировать, исходя из целей и приоритетов организации. Основоположник самооценки организации, основанной на процессе самодиагностирования, Тито Конти, определяет ее как анализ способности организации решать свои основные задачи и достигать своих целей, выявлять слабые места в процессах и системных факторах, влияющих на развитие организации.

Самооценка – удобный, работоспособный инструмент, который может позволить руководителям предприятия определить свои конкурентные преимущества, а также выявить и устранить имеющиеся недостатки. Основой оценки систем качества в мире стали национальные премии качества, такие как премия Э. Деминга, премия М. Болдриджа, Европейская премия по качеству.

Самооценивание открывает широкие возможности для проведения анализа сильных и слабых сторон компании, а также тех областей ее деятельности, совершенствование которых должно привести к успеху в бизнесе. В результате проведения процедуры самооценки можно определить, насколько далеко продвинулась компания на пути развития бизнеса, что ей еще предстоит сделать, и как она выглядит по сравнению с другими компаниями.

Самооценка не должна быть самоцелью. Имеет смысл только обоснованная самооценка, которая представляет собой четкую прозрачную систему взаимосвязанных элементов. В ее основе - выявление положительных и отрицательных сторон в деятельности организации, определение функциональности системы управления персоналом, степени загруженности ресурсов, степени удовлетворенности клиента производимым продуктом и т.д.

Сотрудники компании должны пройти предварительное обучение, в результате которого они смогут понять важность и необходимость этой процедуры. После того как обучение проведено, следует создать инициативную группу из ключевых сотрудников организации. Их задача - выбрать критерии оценки, определить значимость каждого критерия, разработать план и общую систему проведения самооценки. Далее на базе инициативной группы необходимо создать рабочие группы, которые будут непосредственно оценивать деятельность организации по выбранным критериям. В рабочие группы могут входить как сотрудники инициативной группы, так и линейные менеджеры. Принцип их выбора прост: ра-

бочие группы составляют профессионалы, которые хорошо знакомы с работой организации.

Итогом самооценки или всестороннего оценивания является суждение о результативности и эффективности организации. Цель самооценки заключается в предоставлении организации рекомендаций по улучшению ее деятельности.

Тест на «самооценку», проводившийся на базе Государственного бюджетного учреждения социального обслуживания Красноперекопского психоневрологического интерната (далее – ГБУ СО КПНИ), представлен в виде таблицы содержащей ключевые элементы и школой оценивания от 1 до 5 баллов, был проведен четырьмя экспертами. В состав теста входили такие основные элементы как: менеджмент для достижения устойчивого успеха организации; стратегия и политика; менеджмент ресурсов; менеджмент процессов; мониторинг измерение, анализ и улучшение; улучшения, инновации и извлечение уроков. Пример построения аналоговой схемы для ГБУ СО КПНИ приведен на рис. 1. На основе подсчитанных баллов был сделан вывод о результативности работы учреждения.

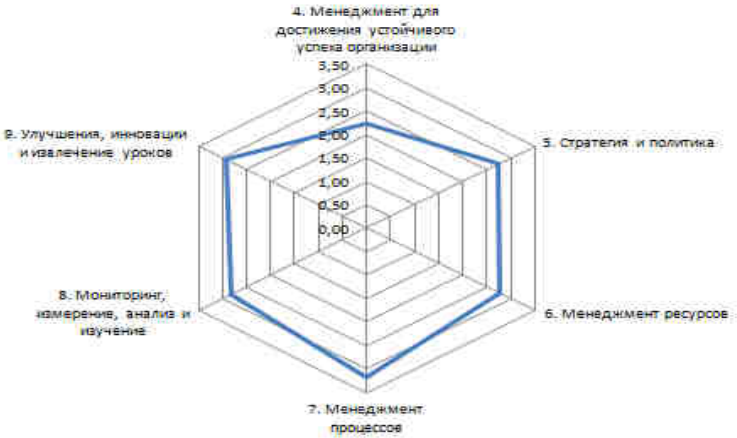


Рис. 1. Анализ результата самооценки менеджмента ГБУ СО ЯО КПНИ

Из рис. 1 видно, как на данный момент развита самооценка менеджмента в учреждении и на какие составляющие можно сделать больший упор. В целях дальнейшего развития и поддержания хорошего уровня самооценки менеджмента необходимо проводить повторное тестирование с персоналом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ISO 9004-2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Требования. М.: Стандартинформ, 2011. 46 с.

2. *Конти Т.* Самооценка в организациях / Т. Конти. М.: РИА «Стандарты и качество», 1999. 328 с.

3. *Маслов Д.* Самооценка системы управления организации на базе функциональной модели оценки менеджмента / Д. Маслов, Н. Ватсон, Э. Белокоровин // Методы менеджмента качества. 2005. № 3.

УДК006.1

СТАНДАРТИЗАЦИЯ В УПРАВЛЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РЕСУРСАМИ ОРГАНИЗАЦИИ

А.С. Богодухова, В.Ф. Ершова, К.И. Порсев

Научный руководитель - К.И. Порсев, ассистент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрена роль стандартизации применительно к управлению информационными ресурсами организации.

Ключевые слова:*унификация, управление информацией, электронный документооборот.*

STANDARDIZATION IN MANAGEMENT OF INFORMATION RESOURCES OF THE ORGANIZATION

A.S. Bogodukhova,V.F. Ershova, K.I. Porsev

Scientific Supervisor – K.I. Porsev, Assistant

Yaroslavl State Technical University

The article considers the role of standardization in the management of information resources of the organization.

Keywords: *unification, information management, electronic document management.*

Степень эффективности управления информационными ресурсами в организации определяет её конкурентоспособность на мировом рынке.

Существующая потребность в ежедневной работе персонала с огромными массивами информации, выдвигает ряд особых требований к управлению информационными ресурсами в организациях, таких как:

- актуальность и достоверность информации;
- требуемая быстрота передачи и получения информации;
- доступность информации, там, где это необходимо;
- удобство восприятия;
- единообразие форм представления данных;
- контроль над сбором, переработкой информации и др.

Одним из возможных путей осуществления данных требований может стать стандартизация, практическая реализация которой достигается применением соответствующих методов. К основным методам стандартизации относят:

- систематизацию;
- классификацию;
- селекцию;
- симплификацию;
- типизацию;
- оптимизацию;
- параметрическую стандартизацию;
- унификацию.

Среди приведенных выше методов, особый интерес представляет исследование унификации применительно к управлению информационными ресурсами организации.

Проведенный анализ применимости унификации в целях повышения эффективности управления информационными ресурсами в организации позволил определить ряд возможных направлений использования данного метода:

- сокращение и предупреждение многообразия форм представления информации;
- обеспечение единообразия структур и операций по обработке информации;
- обеспечение однотипности операций учета, хранения и предоставления информации;
- создание единых систем документации,содержащих необходимую и достоверную информацию для эффективного решения поставленных задач.

К наиболее перспективным работам в области унификации информационных ресурсов предприятий относят разработку и внедрение унифицированных систем документации (УСД) [1]. УСД – это система документации, созданная по единым правилам и требованиям, содержащая информацию, необходимую для управления в определенной сфере деятельности [2].

В настоящее время практическая реализация УСД в организациях возможна на базе использования современных информационных систем, среди которых особо следует выделить системы электронного документооборота (СЭД).

Под СЭД принято понимать системы автоматизации работы с документами на протяжении всего их жизненного цикла (создание, изменение, хранение, поиск, классификация и пр.) с помощью компьютерных технологий. СЭД включает в себя электронный архив документов, систе-

му автоматизации деловых процессов и поддержку функциональности делопроизводства [3].

Проведенный анализ характеристик модулей СЭД, позволил определить следующие, реализуемые направления унификации в процедурах управления информационными ресурсами организаций:

- обеспечение, достижение информационной совместимости носителей информации;
- сокращение номенклатуры документации путем введения соответствующих реквизитов;
- обеспечение стандартных протоколов передачи данных;
- создание типовых потоков получения информации;
- обеспечение структурированного хранения информации.

Таким образом, применение СЭД является одним из наиболее эффективных способов реализации положений унификации применительно к управлению информационными ресурсами, что в конечном итоге, позволяет повышать результативность деятельности организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.ОК 011-93. Общероссийский классификатор управленческой документации.- (утв. Постановлением Госстандарта России от 30.12.1993 N 299) (ред. от 08.09.2017).

2. ГОСТ Р 7.0.8-2013Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения. М.: Стандартинформ. 2014. 11 с.

3. *Пацук А.Б.* Проблемы внедрения системы электронного документооборота на промышленных предприятиях / А.Б. Пацук, А.С. Лобов, Л.А. Жереб // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2013. № 9. С. 128-129.

УДК 004

АНАЛИЗ ИНТЕГРАЦИИ ФОРМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ

Е.Н. Погонышева, К.И. Порсев

Научный руководитель – К.И. Порсев, ассистент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены основные формы информационной поддержки системы менеджмента качества организации. Проведен сравнительный анализ форм информационной поддержки и обоснована актуальность их применения.

Ключевые слова: *информационная поддержка, система менеджмента качества, PDM, EDMS, ERP.*

ANALYSIS OF THE INTEGRATION OF FORMS INFORMATION SUPPORT OFTHE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF THE ORGANIZATION

E.N. Pogonysheva, K.I. Porsev

Scientific Supervisor – K.I. Porsev, Assistant

Yaroslavl State Technical University

In the article discussed the main forms information support of the quality management system of the organization. A comparative analysis of forms information support conducted and proved the relevance of their application.

Keywords: *information support, quality management system, PDM, EDMS, ERP.*

Под информационной поддержкой системы менеджмента качества (СМК) организации следует понимать совокупность информационных ресурсов и услуг по их предоставлению, необходимых для обеспечения эффективной, скоординированной деятельности по руководству качеством.

Реализация передовых достижений в области обеспечения эффективной информационной поддержки СМК современных организации должна быть направлена на выполнение ряда следующих требований:

- повсеместное использование электронного обмена данными [1];

- формирование мощного аппарата информационного обеспечения СМК для принятия управленческих решений высшим руководством организации;

- создание единого информационного пространства (ЕИП) предприятия;

- формирование непрерывного информационного мониторинга деятельности СМК;

- реализация эффективного аппарата документационного обеспечения бизнес-процессов СМК и др.

Выполнение данных требований становится возможным на базе внедрения в деятельности СМК организации особых информационных систем (ИС).Современный мировой рынок информационных технологий представлен большим количеством ИС различного назначения, позволяющих обеспечивать информационную поддержку практически любого вида деятельности человека. В этой связи достаточно сложным является проведение анализа возможности применимости каждой ИС к СМК организации.

Тем не менее наиболее эффективная реализация информационной поддержки СМК на наш взгляд, возможна при помощи внедрения следующих ИС:

1. PDM (англ. Product Data Management) – система управления данными об изделии;

2. EDMS (англ. Electronic Document Management Systems) –система электронного документооборота;

3. ERP (англ. Enterprise Resource Planning) – система управления и ресурсами предприятия.

Необходимым является проведение комплексного, сравнительного анализа эффективности использования данных ИС в целях обеспечения информационной поддержки СМК типовой организации.

Анализ производился на основе исследования действующих характеристик и функционала, доступных на рынке ИС:

- PDM STEP Suite;
- EDMSСБИС;
- ERP Microsoft Dynamics AX.

Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты сравнительного анализа применимости ИС в целях обеспечения информационной поддержки СМК организации

Сравнительные характеристики	PDM	ERP	EDMS
Цель системы	Предоставление полной и актуальной информации об изделии, на любом этапе жизненного цикла	Планирование, учет, контроль, регулирования, почти для всех основных направлений деятельности организации	Управление электронными документами на любом этапе их жизненного цикла
Реализация электронного обмена данными	Использование данных систем подразумевает переход к работе с исключительно электронной формой документации		
Защита конфиденциальности данных	Защита баз данных с помощью команды фильтраIPадресов	Политика extensible data security для защиты данных	Передача данных происходит по зашифрованному каналу
Интеграция с процессами СМК	Полно объемная интеграция за счет эффективно построенных модулей		
Поддержка функций документационного обеспечения СМК	Осуществляется через электронный архив		
Обеспечение непрерывного информационного мониторинга процессов СМК	Реализуется в полном объеме	Присутствует частично	Большей частью ориентирована на процессы обмена электронными данными

Проведенный анализ эффективности использования рассматриваемых ИС, позволил установить, что одной из центральных областей в каждой ИС является обеспечение работы с информацией в электронном виде (рис. 1).

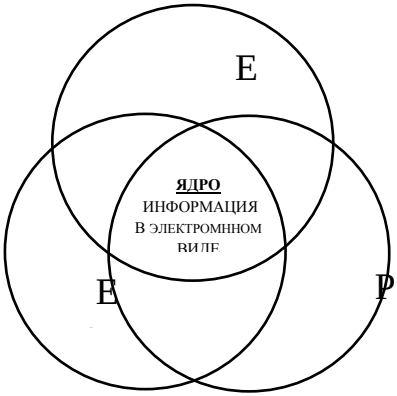


Рис. 1. Ядро интеграции форм информационной поддержки СМК

Именно работа с информацией в электронном виде может послужить основой обеспечения интегрируемости рассматриваемых в работе ИС, поскольку интегрируемость становится основой эффективного взаимодействия всех ИС и программных продуктов, используемых на предприятии [2].

Таким образом, следует сделать вывод о возможности эффективного использования рассмотренных в работе ИС в целях обеспечения информационной поддержки СМК организации. Используя данные ИС, организация может добиться эффективного управления процессами СМК и уменьшения издержек производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Development of Electronic Document Management Systems: advantage and efficiency / I.N. Burtylev, K.V. Mokhun, Y.V. Bodnya, D.N. Yukhnevich // Science and Technology. 2013. P. 1- 9.
2. *Sfetcu N.* Web design development. Raleigh: Lulu Press Inc. 201.

УДК 004.01

ОБ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Ю.А. Реутова, В.Ф. Ершова, К.И. Порсев

Научный руководитель – К.И. Порсев, ассистент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается возможность обеспечения информационной поддержки процессов управления документацией системы менеджмента качества организации при помощи CALS-технологий.

Ключевые слова: *информационная поддержка, документированная информация, CALS-технологии.*

ABOUT INFORMATION SUPPORT FOR MANAGEMENT OF DOCUMENTATION OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Y.A. Reutova, V.F. Ershova, K.I. Porsev

Scientific Supervisor – K.I. Porsev, Assistant

Yaroslavl State Technical University

The article considers the possibility of providing information support for the management processes of the organization's quality management system documentation using CALS-technologies.

Keywords: *information support, documented information, CALS-technologies.*

Современный этап развития подходов к обеспечению качества продукции характеризуется интенсивным поиском и реализацией эффективных средств и способов управления документацией системы менеджмента качества (СМК) организации.

Ключевая роль в обеспечении эффективного управления документацией СМК отведена информационной поддержке, под которой следует понимать совокупность процессов информационного обеспечения необходимых для осуществления трудовой деятельности персоналаорганизации.

В настоящее время одним из наиболее эффективных способов обеспечения информационной поддержки процессов управления документацией СМК является применение электронного документооборота [1,2]. Однако, несмотря на значительные преимущества, достигаемые за счёт внедрения электронного документооборота в СМК организации, его повсеместное применение ограничивается. Во многом это связано с тем, что наряду с типовыми видами документовСМК используется также специальная техническая документация, в управлении разработкой которой необходимо одновременное участие больших групп персонала организации.

На наш взгляд, одним из подходов, позволяющих решить данную проблему, может стать реализация концепции CALS (Continuous Acquisitionand Life Cycle Support) применительно к СМК организации. Суть CALS заключается в обеспечении непрерывной информационной поддержки продукции на протяжении всего жизненного цикла.

CALS позволяет преобразовать традиционную технологию создания СМК в технологию, при которой СМК создается как автоматизированная информационно-управляющая система. При этом новая технология ее создания сводится к настройке процессов и параметров интегрированной информационной среды, которая реализует эффективный обмен информацией между всеми компонентами СМК, задействованными в процессах обеспечения качества [3].

Ядром CALS выступает информационная PDM-система (англ. Product Data Management).Основными функциями PDM-системы являются: ведение архива предприятия, номенклатуры изделий, технического и офисного документооборота; управление проектами, составом изделий и бизнес-процессами, а также интеграция и взаимодействие с информационными системами предприятия [4].

На основании проведенного анализа возможности применения концепции CALSк управлению документацией СМК построена схема, отражающая ключевые моменты связиPDM-системы в рамках единого информационного пространства (ЕИП) предприятия с этапами жизненного цикла документации СМК (рис.1).

PDM-система позволяет охватить все этапы жизненного цикла документа на основе создания ЕИП. Управление документом осуществляется при непрерывной интеграции каждого этапа его жизненного цикла в модуль PDM, так как в нём содержится основная часть актуальной информации о продукте, которая является основой для реализации процессов СМК. Организованная работа персонала через модуль PDM-системы позволяет обеспечивать возможность совместного выполнения процесса управления документацией СМК на любом этапе её жизненного цикла.

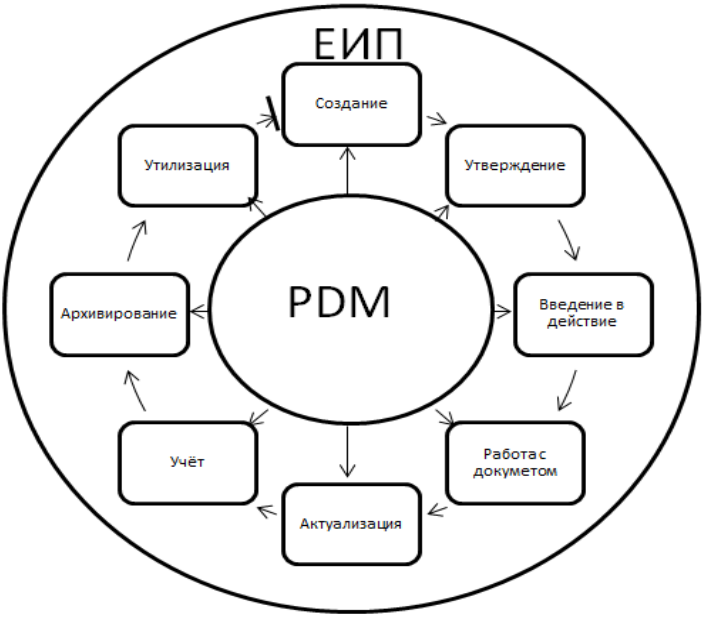


Рис. 1. CALS на этапах ЖЦ документации СМК организации

Таким образом, следует сделать вывод о возможности эффективного использования PDM-системы, как составной части CALS в целях управления документированной информацией СМК. Обладая достоинствами электронного документооборота, PDM-система позволяет обеспечить эффективное управление документацией СМК на любом этапе её жизненного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Development of Electronic Document Management Systems: advantage and efficiency / I.N. Burtylev, K.V. Mokhun, Y.V. Bodnya, D.N. Yukhnevich // Science and Technology. 2013. P. 1- 9.

2. *Порсев К.И.* Система электронного документооборота как элемент системы менеджмента качества / К.И. Порсев, М.Ф. Булатов, Н.П. Есаулов // Наукоемкие технологии. 2017. № 5. С. 30-35.

3. Возможности применения CALS(ИПИ)–технологий для информационной поддержки системы менеджмента качества вуза / В.С. Соболев, А.В. Краснобаев, А.В. Кушнарев, Н.И. Цыпляева // Известия СПБГЭТУ ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина). 2005. № 1. С. 37-41.

4. *Тимофеев П.Г.*. Роль и значение PDM-систем при разработке технологического оборудования / П.Г. Тимофеев, А.Г. Ягопольский // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2006. № 10. С. 73-81.

УДК 006.05

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СПРАВОЧНИКИ - СПОСОБ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

П.В. Ермолина, А.А. Чеснокова

Научный руководитель – А.А. Чеснокова, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются цели и задачи разработки информационно-технических справочников и применение справочников по наилучшим доступным технологиям в организации.

***Ключевые слова**: информационно-технические справочники, наилучшие доступные технологии.*

INFORMATION TECHNICAL REFERENCE - METHOD OF IMPROVING THE ACTIVITIES OF THE ORGANIZATION

P.V. Ermolina, A.A. Chesnokova

Scientific Supervisor – A.A. Chesnokova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article describes the goals and objectives of the development of information and technical reference books and the use of reference books on the best available technologies in the organization.

***Keywords**: information technical reference books, best available technologies.*

В 2015 году принят ФЗ №162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации», который определяет новый документ национальной системы стандартизации - информационно-технический справочник (далее ИТС). Информационно-технический справочник должен содержать систематизированные данные в определенной области и включающий в себя описание технологий, процессов, методов, способов, оборудования и иные данные. В настоящее время в качестве ИТС разработаны справочники по наилучшим доступным технологиям. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (далее Росстандарт) осуществляет утверждение и опубликование на своем официальном сайте ин-

формационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям.

Наилучшая доступная технология (далее НДТ) представляет собой технологию производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения.

Наилучшие доступные технологии в контексте нормативно-правовых актов ЕС призваны стать элементом более качественного и экономически обоснованного контроля и предотвращения негативного воздействия на окружающую среду с учетом особенностей конкретной отрасли промышленности. Основными целями природоохранных директив ЕС являются обеспечение комплексного предотвращения и контроля загрязнения на основе разработки и выдачи индивидуальных комплексных разрешений промышленным предприятиям, а также регулирование воздействий на всю окружающую среду в целом и обеспечение высокого уровня ее охраны и защиты. Системой критериев для оценки воздействия на окружающую среду и получения выдаваемого в соответствии с требованиями Директивы комплексного разрешения в различных отраслях экономики являются НДТ [1].

В соответствии с Правилами определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям Росстандарт осуществляет утверждение и опубликование на своем официальном сайте информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям [2].

Постановлением Правительства РФ ФГАУ Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» определен организацией, осуществляющей функции Бюро наилучших доступных технологий.

Для создания единых подходов при разработке справочников НДТ приказом Росстандарта создан профильный технический комитет по стандартизации «Наилучшие доступные технологии». Немаловажной является работа по подготовке кадров, которая осуществляется в рамках текущей совместной работы Бюро НДТ и Академии стандартизации, метрологии и сертификации.

Основная цель разработки справочника НДТ состоит в формировании основы для распространения наилучших практик (методов, подходов) в области организации производственного экологического контроля на предприятиях.

На сегодняшний день стоит задача обеспечения комплексного подхода к внедрению НДТ как в рамках экологической, так и промышленной политики, а также совершенствование системы государственного регулирования на основе НДТ.

Целями НДТ являются:

– экологическая модернизация крупных промышленных и сельскохозяйственных производств, оказывающих значительное негативное влияние на окружающую среду и здоровье населения;

– инновационные решения, но только те, которые служат конечной цели: уменьшению воздействия на окружающую среду;

– гарантия экологической безопасности производства (в форме комплексного экологического разрешения или сертификата);

– прирост природного капитала и повышение качества экосистемных услуг в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

В 2015 г. в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации № «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям», разработаны и утверждены приказами Росстандарта РФ 10 информационно-технических справочников по НДТ.

В 2016 году разработаны и утверждены приказами Росстандарта РФ 13 информационно-технических справочников по НДТ.

В 2017 году должны быть утверждены 28 информационно-технических справочников по НДТ.

Основой для актуализации действующих справочников являются информация по новым технологиям, технологическому оборудованию, экономическим и экологическим показателям, применяемым в отрасли промышленности, результаты законченных научно-исследовательских работ, анализа, изучения и обобщения отечественного и зарубежного опыта, полученные от промышленных предприятий и ассоциаций, соответствующих федеральных органов исполнительной власти в пределах их компетенции, научных и экспертных организаций.

Применение наилучших доступных технологий направлено на комплексное предотвращение и (или) минимизацию негативного воздействия на окружающую среду. А также позволяет применить ресурсо- и энергосберегающие методы. Использование процессов, практических методов, подходов, материалов, продукции или энергии, для того что бы избежать, уменьшить или контролировать образование, выброс или сброс любого типа загрязняющих веществ или отходов, что бы уменьшить отрицательные воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Регламент Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 166/2006 от 18 января 2006 г. о создании Европейского Регистра выброса и переноса загрязняющих веществ и об изменении Директив 91/689/ЕЭС и 96/61/ЕС Совета ЕС
2. Наилучшие доступные технологии. Аспекты практического применения / Б.В. Боравский, Д.О. Скобелев, В.Р. Венчикова, Т.В. Боравская. М.: Изд-во «Перо», 2014. 184 с.

УДК 006.91

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ

Ж.С. Котова, А.А. Чеснокова

Научный руководитель - А.А. Чеснокова, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается понятие неопределенности измерений, ее составляющие и способы ее оценивания.

Ключевые слова: *неопределенность, суммарная стандартная неопределенность, стандартный образец.*

ESTIMATION OF UNCERTAINTY OF STANDARD SAMPLES

Z.S. Kotova, A.A. Chesnokova

Scientific Supervisor – A.A. Chesnokova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The concept of measurement uncertainty, its components and methods of their estimation is considered.

Keywords*: en uncertainty, total standard uncertainty, standart samples.*

В истории измерений понятие неопределенности как количественной характеристики является относительно новым, хотя понятия погрешности и анализа погрешностей давно используется в метрологической практике. В настоящее время найдены оценки всех ожидаемых составляющих погрешности и в результат измерений внесены соответствующие поправки, все же остается некая неопределенность в отношении полученного результата, то есть сомнение в том, насколько точно он соответствует значению измеряемой величины [1].

Наличие неопределенности измерения влияет на процедуру контроля и делает необходимым установление баланса рисков производителя и потребителя. Неопределенность измерения - это общее понятие, связанное с любым измерением, которое используют при необходимости принятия обоснованных решений в разных областях практической дея-

тельности и теоретических исследований. По мере наблюдаемого ужесточения допусков в технологических процессах роль неопределенности измерений возрастает.

Знание неопределенности измерения позволяет сопоставлять результат измерения с установленными требованиями при оценке соответствия, находить вероятность принятия неправильного решения и с ее учетом управлять возникающими рисками [2].

В нашей стране существует группа стандартов, в которой установлены общие правила оценивания и представления неопределенности измерений:

1) ГОСТ Р 54500.1-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-1:2009 Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по неопределенности измерения [2].

2) ГОСТ Р 54500.3-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения [1].

3) ГОСТ Р 54500.3.1-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008/Дополнение 1:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Дополнение 1. Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло.

4) ГОСТ Р 54500.3.2-2013/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008/ Дополнение 2:2011 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Дополнение 2. Обобщение на случай произвольного числа выходных величин

Неопределенность измерения - параметр, относящийся к результату измерения и характеризующий разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине [1].

Все составляющие неопределенности входных величин можно сгруппировать в две категории в соответствии со способом их оценивания:

- категория А – составляющие, оцениваемые путем применения статистических методов (путем обработки результатов многократных измерений);

- категория В – составляющие, оцениваемые других способом (по характеристикам, взятым из паспорта на прибор, методик выполнения измерений, из предыдущих экспериментов, из справочников и т.д).

Составляющие типа А оцениваются как стандартные неопределенности (u_A), равные среднеквадратическим отклонениям (СКО) средних арифметических многократных наблюдений.

Составляющие типа В оцениваются как стандартные (среднеквадратические) отклонения (u_{B}), получаемые из известных границ, в которых могут находиться значения измеряемых величин.

Все составляющие формируют суммарную стандартную неопределенность u_{C}, которая вычисляется по формуле (1):

$$u_C^2 = u_A^2 + u_B^2, \quad (1)$$

откуда путем извлечения корня из обеих частей равенства, получаем выражение (2), называемое законом распространения неопределенности:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}\,, \quad (2)$$

Интервальной оценкой неопределенности является расширенная неопределенность U, которую получают путем умножения стандартной суммарной неопределенности u_C на коэффициент охвата k по формуле (3):

$$U = k \times u_C \quad (3)$$

Источниками неопределенности измерений являются: наблюдаемое рассеивание показаний используемых при измерении средств измерительной техники (обуславливающие стандартные неопределенности типа А) и поправки на не исключенные систематические погрешности (обусловливающие стандартные неопределенности типа В)

Кроме того, источниками неопределенности типа В может являться недостоверность используемых справочных данных, округление результатов измерения или применяемых констант [3].

Базовый алгоритм оценивания неопределенности измерений:

1) Составление модельного уравнения

Модельное уравнение (4) выражает зависимость между выходной величиной Y и входными величинами $X_1, X_2, \dots X_m$.

$$Y = f(X_1, \dots, X_m)\,. \quad (4)$$

2) Оценивание входных величин

Значения входных величин находят путем их измерения с однократными наблюдениями или берут из внешних источников.

3) Вычисление оценки результата измерения

Оценку выходной величины y получают при подставке в модельное уравнение (5) оценок входных величин $x_1, \dots x_m$:

$$y = f(x_1, \dots x_m). \quad (5)$$

4) Вычисление стандартных неопределенностей входных величин

5) Вычисление вклада неопределенности входной величины в неопределенность измеряемой величины

Вклад неопределенности каждой входной величины в неопределенность измеряемой величины (суммарную стандартную неопределенность) $u_i(y)$ определяют как произведение неопределенности входной величины $u(x_i)$ на коэффициент чувствительности c_i:

$$u_i(y) = c_i \times u(x_i). \quad (6)$$

Коэффициенты чувствительности c_i показывают, как оценка выходной величины y будет изменяется с изменением оценок входных величин x_i. Их находят как частные производные выходной величины по каждой из входной величин.

6) Определение стандартной неопределенности выходной величины (суммарной стандартной неопределенности)

Определение суммарной стандартной неопределенности осуществляется по формулам (7), называемым законом распространения неопределенности. При отсутствии корреляций между входными величинами стандартная неопределенность выходной величины определяется как

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} u_i^2(y)} = \sqrt{c_1^2 u^2(x_1) + c_2^2 u^2(x_2) + \cdots + c_m^2 u^2(x_m)}\,. \quad (7)$$

7) Вычисление коэффициента охвата

Коэффициент охвата представляет собой множитель, на который умножают стандартную суммарную оценку неопределенности для получения расширенной неопределенности. Его приближенное значение для уровня доверия 0,95 равно 2.

8) Вычисление расширенной неопределенности

Расширенную неопределенность U получают путем умножения неопределенности выходной величины на коэффициент охвата:

$$U(y) = k \times u_c(y). \quad (8)$$

9) Запись полного результата измерения

Полный результат измерения включает в себя оценку выходной величины и приписанное ей значение расширенной неопределенности с указанием уровня доверия.

Значение расширенной неопределенности указывается с числом значащих цифр, не больше двух. Результат измерения, как и значения входных величин, округляют так, чтобы они соответствовали своим неопределенностям.

10) Составление бюджета неопределенности

Полученные в процессе реализации базового алгоритма промежуточные результаты удобно представлять в виде бюджета неопределенности, который включает в себя список всех входных величин, их оценок вместе с приписанными им стандартными неопределенностями измерения, коэффициентами чувствительности и числами степеней свободы [3].

Оценивание неопределенности метрологических характеристик стандартных образцов является одной из важнейших задач в свете введения понятия неопределенности в метрологическую практику.

Основными источниками неопределенности аттестованного значения стандартных образцов (СО) являются:

- неоднородность материала СО;
- нестабильность значений аттестуемой характеристики СО;

- способ установления аттестованного значения СО.

В общем случае суммарную стандартную неопределенность аттестованного значения СО определяют из уравнения:

$$u_c^2\left(\hat{A}\right) = u_{char}^2 + u_h^2 + u_{stab}^2 \quad (9)$$

В зависимости от типа материала СО и условий хранения экземпляров СО, некоторые составляющие суммарной стандартной неопределенности аттестованного значения СО либо равны нулю, либо их вклад в неопределенность аттестованного значения СО может быть незначим [4].

Предложенный в данной статье алгоритм оценки неопределенности может быть использован для оценки неопределенности стандартных образцов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 54500.3-2011. Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. М.: Стандартинформ, 2012. 107 с.

2. ГОСТ Р 54500.1-2011 /Руководство ИСО/ МЭК 98-1:2009 Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по неопределенности измерения - М.: Стандартинформ, 2012. 18 с.

3. Неопределенность измерений для чайников и … начальников; учеб. пособ./ И.П. Захаров. Х.: 2013. 36 с.

4. РМГ 93-2015 Государственная система обеспечения единства измерений. Оценивание метрологических характеристик стандартных образцов. М.: Стандартинформ, 2016. 32 с.

СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»

УДК 544.032.2

ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА ЖЕЛЕЗО – КАРБИД КРЕМНИЯ

А.Д. Лоскутова, А.П. Королев

Научный руководитель – А.П. Королев, канд. техн. наук, доцент

Тамбовский государственный технический университет

Предложена технология получения композитного материала железо – карбид кремния. Исследованы электрофизические свойства композитного материала железо – карбид кремния.

Ключевые слова: *композитный материал; температурная зависимость удельного сопротивления; электропроводность.*

THE PROCESS OF OBTAINING ELECTRICAL COMPOSITE MATERIAL OF THE IRON – SILICON CARBIDE

A.D. Loskutova, A.P. Korolev

Scientific Supervisor – A.P. Korolev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Tambov State Technical University

The technology of obtaining the iron – silicon carbide composite material is proposed. In the present paper, the electrophysical properties of the iron – silicon carbide composite material are studied.

Keywords: *composite material; electrical conductivity; temperature dependence of resistivity.*

Наиболее используемый в электронике карбид – это зеленый карбид кремния, поскольку он обладает ценными полупроводниковыми

свойствами, а его высокая теплопроводность, высокое электрическое поле пробоя и высокая плотность электрического тока делают его перспективным материалом для высокомощных устройств. Кроме того, карбид кремния имеет очень низкий коэффициент теплового расширения и не испытывает фазовые переходы, из-за которых может произойти разрушение монокристаллов [1]. При этом зеленый карбид кремния имеет существенный недостаток – сложность получения. Изготовление зеленого карбида кремния очень трудоемкий процесс, требующий особых технических возможностей.

Кроме зеленого, получают черный карбид кремния, цвет которого связан с примесями железа. Его изготовление значительно проще, поэтому черный карбид кремния дешевле зеленого. Кроме того, черный карбид кремния менее тверд, но более прочен, чем зеленый. Его применяют в качестве абразива для обработки хрупких или мягких материалов. Электрофизические свойства черного карбида кремния уступают свойствам зеленого, но все же остаются на высоком уровне. На это стоит обратить особое внимание, т.е. черный карбид кремния является перспективным материалом также и в области электроники.

Черный карбид кремния, в силу своих физических свойств, практически не прессуется, но те же самые свойства делают его прочным. Наиболее логичным решением является изготовление композитного материала из черного карбида кремния и мягкого металла в качестве связующего вещества. Вторым компонентом выбрано железо, так как оно уже есть в составе черного карбида кремния.

Порошок железа плохо перемешивается с порошком карбида. Поэтому в пресс-форму порошки засыпали послойно с чередованием. Под давлением частицы железа деформируются и обволакивают частицы карбида кремния, устанавливая при этом молекулярные связи между компонентами [2] (рис. 1).

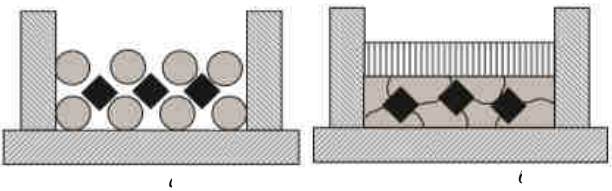


Рис. 1. Композитный порошок железа и карбида кремния до (*а*) и после (*б*) прессования

Полученные методом прессования образцы спекли в муфельной печи при температуре 1100 °С. Температура спекания ориентирована на

материал с наименьшей температурой плавления, в данном случае железо, и составляет ≈ 0,7$t_{пл}$. После спекания образцы остывали на воздухе до комнатной температуры. Далее проводились исследования зависимости удельного сопротивления полученного материала от температуры [3]. Для чистоты эксперимента было изготовлено и исследовано тем же методом 10 образцов.

Все полученные зависимости имели аналогичный вид незначительные погрешности. Усредненный график зависимости удельного сопротивления от температуры представлен на рис. 2.

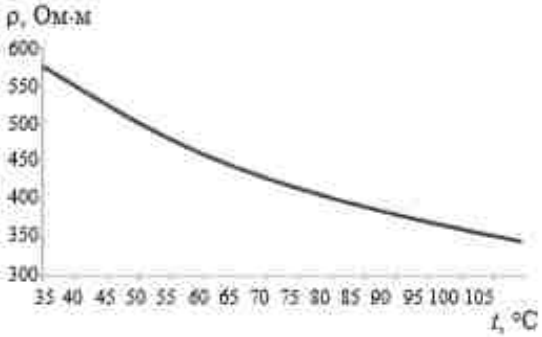


Рис. 2. Температурная зависимость удельного сопротивления композитного сплава железо – карбид кремния

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что предложенная технология получения композитного сплава железо – карбид кремния полностью обоснована и не искажает электрофизических свойств готового материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Курбанов М.К.* Электропроводность полупроводниковых твердых растворов (SiC).x(AlN)x / М.К. Курбанов, Б.А. Билалов, Т.К. Сафаралиев // Вестник ДГУ. Естественные науки. Махачкала. 2000. С. 18-23.

2. *Королев А.П.* Исследование электрофизических свойств композита железо – карбид вольфрама / А.П. Королев, А.Д. Лоскутова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. 2017. Т 23. №3. С. 535–540.

3. *Макарчук М.В.* Температурная зависимость электрофизических свойств образцов из монокристаллического и пористого кремния / М.В. Макарчук // Сборник материалов IV международной конференции «Многомасштабное моделирование структур, строение вещества, наноматериалы и нанотехнологии»; Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого. 2017. С. 79-80.

УДК 544.032.2

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОМПОЗИТА ЖЕЛЕЗО – КАРБИД ВОЛЬФРАМА

А.Д. Лоскутова, М.В. Макарчук

Научный руководитель – М.В. Макарчук, канд. техн. наук, старший преподаватель

Тамбовский государственный технический университет

Рассматривается технология изготовления порошкового композитного материала с особыми физическими свойствами компонентов.

Ключевые слова: *карбид вольфрама, композитный материал, спекание порошкового материала*

MANUFACTURING OF COMPOSITE IRON – TUNGSTEN CARBIDE

A.D. Loskutova, M.V. Makarchuk

Scientific Supervisor – M.V. Makarchuk, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer

Tambov State Technical University

The technology of manufacturing powder composite material with special physical properties of components is considered.

Keywords: *tungsten carbide, composite material, sintering of powder material*

Исследуемый композитный материал изготавливается из порошков железа и карбида вольфрама путем прессования и дальнейшего спекания. Экспериментально определена оптимальная температура спекания, которая составляет 1000 °С [1]. Как известно, тугоплавкие металлы, к которым относится вольфрам, очень активно окисляются на воздухе при высоких температурах. Порошок карбида вольфрама, как показал эксперимент, тоже склонен к окислению [2] на воздухе при температуре примерно 550 °С и выше. Из-за окислительных процессов при спекании образец деформировался и предположительно приобретал нестехиометрическую оксидную структуру с полупроводниковыми свойствами [3]. Изначально образец имел форму таблетки, а после спекания получал ша-

рообразную форму, т.е. его плоские поверхности поднялись от центра, образовав внутри пористую структуру (рис. 1).

Рис. 1. Спеченный без глины образец железо-карбид вольфрама

Чтобы предотвратить контакт образца с кислородом, обычно работают в вакууме. Это требует специального оборудования и усложняет процесс. В другом случае использовалась шамотная огнеупорная глина. Спрессованный образец перед спеканием покрывался глиной в два этапа: сначала толстым слоем густого раствора (основной слой), а после высыхания тонким слоем более жидкого раствора, чтобы заполнить образовавшиеся после высыхания в основном слое трещины. После того, как глина при комнатной температуре полностью высохла, образец поместили в печь. После спекания образец остывал на воздухе, затем с него аккуратно счищалась глина. В результате такого спекания существенных дефектов формы образца не обнаружено (рис. 2).

Рис. 2. Образец железо – карбид вольфрама после спекания в глине

Оба образца имеют качественно одинаковые электрофизические свойства, имеющие полупроводниковый характер, но количественно их характеристики отличаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Королев А.П.* Исследование электрофизических свойств композита железо - карбид вольфрама / А.П. Королев, А.Д. Лоскутова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. 2017. Т. 23, № 3. С. 535–540.

2. *Королев А.П.* Порошковые композиты электротехнического назначения / А.П. Королев, А.Д. Лоскутова // Материалы IX Международной научно-инновационной молодежной конференции «Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент». 2017. С. 95–96.

3. *Королев А.П.* Электрофизические свойства пористого кремния / А.П. Королев, М.В. Макарчук // Тезисы докладов 2-й Международной конференции с элементами научной школы «Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах». 2015. С. 333–336.

УДК 621.3.049

МЕТОДИКА ВВЕДЕНИЯ МАЛЫХ ДОБАВОК В ПОРОШКОВЫЕ СИСТЕМЫ

Х.Б. Аль Хуссейн, А.Х. Кадум, В.П. Шелохвостов

Научный руководитель – В.П. Шелохвостов, канд. техн. наук, доцент

Тамбовский государственный технический университет

Рассматривается методика введения малых добавок углеродных нанотрубок в оксидные порошковые системы из размольных тел при измельчении в шаровых мельницах.

Ключевые слова: *модифицирование, углеродные нанотрубки, оксидные порошковые системы, малые добавки*

METHOD OF INTRODUCING SMALL ADDITIVES TO POWDER SYSTEMS

H.B. Al-hussein, A.H. Kadhum, V.P. Shelochvostov

Scientific Supervisor – V.P. Shelokhvostov, Candidate of Technical Sciences, Associate professor

Tambov State Technical University

The procedure of the introduction of the small additions of carbonic nano-tubes to oxide powder systems from the grinding bodies during the crushing in the ball mills is examined.

Keywords: *modification, carbonic nano-tubes, oxide powder systems, the small additions.*

Процесс легирования или модифицирования конденсированных сред и материалов, особенно это относится к модифицированию чрезвычайно малыми нанодобавками, всегда требует пристального внимания по ряду причин. К основным из них относятся размеры, состояние поверхности, способность к диспергированию, равномерному расположению в объеме и др. Наиболее проблемны модификаторы, получаемые в виде агломератов, содержащих несколько побочных компонентов. В частно-

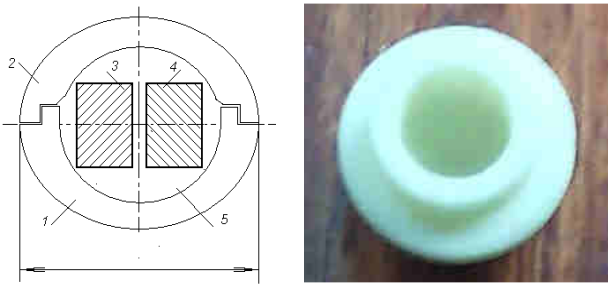
сти, пиролизные углеродные нанотрубки содержат частицы катализатора, сажистую составляющую, интеркалированные внутрь трубок примеси, что требует дополнительной обработки по удалению указанных побочных компонентов, разъединению конгломератов на единичные трубки и последующему равномерному распределению в объеме порошковой системы.

Решение этих проблем может достигаться на стадии измельчения порошковой системы в шаровых мельницах путем предварительного введения в объем или в поверхностный слой размольных тел из измельчаемого материала нужных модификаторов. Легирование порошковой системы достигается в рабочем цикле за счет износа размольных тел.

В данном случае легировали оксид-алюминиевую порошковую систему в процессе ее измельчения в магнитной шаровой мельнице. Использовали комбирированные размольные тела (рис. 1).

Постоянные магниты (ЮНДК24) 3, 4 устанавливались на расстоянии 1-2 мм, размещались в керамической оболочке 1,2 и фиксировались связкой совместно с половинками оболочки.

Керамические оболочки выполнялись из порошкового материала того же состава, что и измельчаемая система (оксид алюминия).



а) б)

Рис. 1. Конструкция комбинированного магнитного размольного тела (а) и керамическая оболочка (б):

1, 2– керамические оболочки, 3,4 – постоянные магниты, 5 – керамическая связка

В шихту для оболочек дополнительно вводился порошковый хром (ПХ1 – 20 %) и углеродные нанотрубки, полученные в пиролитическом процессе

В работе для выполнения оболочки выбран оксид алюминия Al_2O_3, регламентируемый ГОСТ30559-98 «Глинозем неметаллургический». Выбрана марка ГК1, предназначенная для производства электро-

фарфора, радиоэлектроники, специальных видов керамики и огнеупоров. Массовая доля основного продукта - α-оксида алюминия - не менее 90 %, массовая доля монозерен размером до 10 мкм, слагающих агрегаты, не менее 80%. Регламентируемые примеси в % -SiO_2(0,12), Fe_2 O_3(0,03), (Na_2O+K_2O)(0,2), влага не > 0,2 %.

Связка для материала керамической оболочки в данном случае не обязательна, однако для получения компактного материала требуется высокая температура твердофазного спекания (свыше 1700 $^{\circ}$C), кроме того, получается высокая пористость, что неблагоприятно сказывается на эксплуатационных свойствах. Поэтому в качестве связки выбран металлический хром марки ПХ1, мелкий, регламентируемый ГОСТ 5905-2004, полученный восстановлением оксидов хрома и имеющий примеси в количестве в % не более: N(0,009), C (0,07), Fe (0,20), Ni (0,1), Si (0,1), Ca (0,1), O (0,30). Оптимальное количественное соотношение Al_2O_3 и Cr определялось экспериментально при исследовании техпроцесса и составляло ~20 %.

В качестве модификатора в данном случае были приняты углеродные нанотрубки, которые получались в пиролитическом процессе путем синтеза в кварцевом реакторе, в котором на подложке из ситалла располагался порошковый оксид никеля (катализатор), при температуре 650 $^{\circ}$C через реактор в течение 15 минут пропускался углеродсодержащий газ, продукты синтеза обрабатывали соляной кислотой для удаления катализатора и толуолом для растворения аморфной составляющей. Исследования полученных нанотрубок показывают значительную конгломерированность. Конгломераты трубок достигают нескольких десятков микрометров и попытки их диспергирования ультразвуком давали недостаточные результаты [1]. Добавка этих продуктов в порошковаую смесь и последующее компактирование (прессование и спекание) оказались не эффективными, поскольку в изломе обнаруживались конгломераты нанотрубок, практически тех же размеров. По этой причине предложено использовать такую керамику как источник модифицирования, что и определило решение выполнения керамической оболочки размольных тел такого состава.

Выводы. Дальнейший размол оксид-алюминиевого порошка с последующим компактированием (прессование и спекание) показал эффективность такого введения малых количеств углеродных нанотрубок в оксидные системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шелохвостов В.П.* Методы и системы диагностики наноструктурированных сред и материалов / В.П. Шелохвостов, В.Н. Чернышов. СПб.: Экспертные решения, 2017. 208 с.

УДК 691.175

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов

Научный руководитель – Д.М. Мордасов, д-р техн. наук, профессор

Тамбовский государственный технический университет

Статья посвящена микроскопическим исследованиям полимерного композиционного материала. Установлено, что при полимеризации дисперсии эпоксидного олигомера и ультрадисперсных частиц сополимера стирола и акриловой кислоты формируется пластичная стирол-акриловая матрица, армированная волокнами полимерного композита на основе эпоксидного полимера и стирол-акрилового сополимера.

Ключевые слова: *полимер, композиционный материал, микроструктура, эпоксидный олигомер, стирол, акриловая кислота.*

THE RESEARCH OF STRUCTURE OF POLYMERIC COMPOSITE

M.D. Mordasov, D.M. Mordasov

Scientific Supervisor – D.M. Mordasov, Doctor of Technical Sciences, Professor

Tambov State Technical University

The article is devoted to microscopic studies of polymeric composite material. It has been found that polymerization of epoxy oligomer dispersion and ultrafine particles of styrene and acrylic acid copolymer formed plastic styrene-acrylic matrix, reinforced by fibers of a polymeric composite based on epoxy polymer and styrene-acrylic copolymer.

Keywords: *polymer, composite material, microstructure, epoxy oligomer, styrene, acrylic acid.*

Большинство используемых защитных материалов и покрытий представляют собой сложные композиции, состоящие из наполнителя и связующего. В настоящее время в строительстве широко применяются

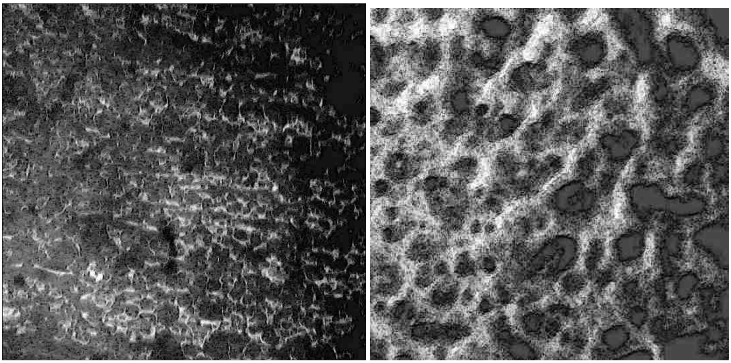
полимерцементные составы. Главным образом это связано с их высокой технологичностью, высоким качеством получаемых покрытий, снижением трудоемкости и другими преимуществами. Совместное использование в составе таких композитов минеральных и полимерных материалов позволяет регулировать их физико-химические, физико-механические характеристики, адгезионные и диэлектрические свойства и т.д.

Решение проблемы повышения стойкости полимер-минеральных материалов и покрытий связано с повышением физико-механических и физико-химических свойств их полимерной матрицы.

Наиболее широко при производстве полимер-минеральных материалов используют полимерные смеси на основе эпоксидных олигомеров, латексов и водорастворимых полимеров [1].

В настоящей работе проведены микроструктурные исследования полимерного композиционного материала на основе дисперсии эпоксидного олигомера и ультрадисперсных частиц сополимера стирола и акриловой кислоты. Исследуемый материал получен путем смешения эпоксидной смолы ЭД-20, водной дисперсии наноразмерных частиц сополимера стирола и акриловой кислоты и отвердителя полиэтиленполиаминного типа. Полученная смесь была подвергнута интенсивному механическому перемешиванию на высокоскоростной мешалке, после чего залита в гипсовую форму. После полимеризации образец размером 10×20×10 мм был подвергнут шлифованию последовательно на шкурках с зернистостью М40, М20, М10.

На рис. 1 представлены микрофотографии образца, полученные при увеличениях 100× и 650×. Микроскопические исследования проводились в режиме светлопольного освещения образца в отраженном свете.



а) б)

Рис. 1. Микроструктура полимерного композиционного материала при увеличении 100× (а) и 650× (б)

В результате анализа изображений микроструктуры образца полимерного композиционного материала (рис. 1, а, б) выявлено равномерное распределение упрочняющей фазы в полимерной матрице. Это подтверждается и проведенным анализом фрактальной размерности [2, 3] структур, которая на различных масштабных уровнях имеет одно и то же значение - 2,82.

На микрофотографии рис. 1, б показана морфология армирующей фазы. В результате механохимического синтеза композиционного материала формируется сетчатая структура наполнителя на основе эпоксидного полимера и стирол-акрилового сополимера.

В результате проведенных исследований установлены морфологические особенности упрочняющей фазы полимерного композиционного материала, полученного путем интенсивного механического перемешивания эпоксидного олигомера, водной дисперсии наноразмерных частиц сополимера стирола и акриловой кислоты и отвердителя полиэтиленполиаминного типа. Полученный материал может быть использован при создании полимер-минеральных композиционных материалов конструкционного и функционального назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Jamshidi M.* Application of polymer admixtures to modify concrete properties: effects of polymer type and content / M. Jamshidi, H.R. Pakravan, A.R. Pourkhorshidi // Asian journal of civil engineering (BHRC). 2014. Vol. 15, №. 5. P. 779-787.

2. *Мордасов М.Д.* Влияние физико-механических свойств и структурных характеристик сыпучих материалов на их фрактальную размерность / М.Д. Мордасов, И.Г. Проценко, Д.М. Мордасов // Современные технологии композиционных материалов. Материалы II научно-практической молодежной конференции с международным участием, 2016. С. 98-102.

3. *Мордасов Д.М.* Моделирование слоя углеродных сыпучих материалов на основе теории фракталов / А.В. Медведева, Д.М. Мордасов // Шестьдесят девятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Сб. материалов, ЯГТУ. 2016. С. 792-795.

4. *Мордасов Д.М.* Исследование структурных характеристик и физико-механических свойств реальных фрактальных кластеров / Д.М. Мордасов, А.В. Медведева, М.Д. Мордасов // Инновационное направление учебно-методической и научной деятельности кафедр материаловедения и технологий конструкционных материалов. Материалы Всероссийского совещания с международным участием зав. кафедрами материаловедения и технологий конструкционных материалов. 2016. С. 102-105.

УДК 620.186

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕРМИЧЕСКИ УПОРЯДОЧЕННОЙ СТАЛИ 30ХГСН2МФ

М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов

Научный руководитель – Д.М. Мордасов, д-р техн. наук, профессор

Тамбовский государственный технический университет

Проведен микроструктурный анализ термически упрочненной стали 30ХГСН2МФ. Показано, что в результате закалки с последующим низким отпуском, формируется структура реечного мартенсита. За счет рационального выбора содержания никеля, хрома, молибдена и меди происходит повышение вязкости и пластичности стали с одновременным формированием мелкозернистой структуры.

***Ключевые слова**: закалка, отпуск, мартенсит, высокопрочная сталь.*

THE RESEARCH OF THE STRUCTURE OF THERMALLY ORDERED STEEL 30ХГСН2МФ

M.D. Mordasov, D.M. Mordasov

Scientific Supervisor - D.M. Mordasov, Doctor of Technical Sciences, Professor

Tambov State Technical University

The microstructural analysis of thermally ordered steel 30ХГСН2МФ was conducted. It was found out, that at result of quenching with following low leave of steel, a structure of rack martensite was formed. By rational choice of content nickel, chromium, molybdenum and copper there is an increase of viscosity and ductility of steel with simultaneous formation of a fine-grained structure.

***Keywords:** quenching, tempering, martensite, high strength steel.*

Одним из путей повышения энергоэффективности изделий машино- и приборостроения является разработка технологий получения и обеспечения заданной структуры и свойств сталей, в которых высокая прочность сочетается с повышенными характеристиками пластичности

[1, 2]. В условиях динамических нагрузок такие стали должны обладать высокими значениями пределов прочности и текучести, которые определяются морфологией сформированной микроструктуры после термической обработки [3].

Большинство высокопрочных сталей являются среднеуглеродистыми сталями мартенситного класса, легированными хромом, никелем, марганцем, молибденом, вольфрамом, ванадием и кремнием. Требуемая конструктивная прочность в таких сталях достигается за счет комплексного введения добавок в строго рассчитанных количествах и пропорциях.

При содержаниях в стали хрома свыше 1 % и молибдена более 0,3 % повышается ее склонность к хрупким разрушениям за счет выделения карбидов этих элементов по границам образующегося при термообработке мартенсита. Повышенное содержание углерода (более 0,4 %) приводит к образованию при закалке двойникованного мартенсита с высокой склонностью к хрупким разрушениям и пониженной вязкостью. Некоторые марки высокопрочных броневых сталей (MARS 300, 77Ш, ARMO X 600S) имеют завышенное содержание никеля (более 2,2 %), что приводит к коалесценции карбидов и их росту, снижающему положительный эффект от влияния никеля на пластичность.

Введение в состав высокопрочных сталей малых добавок алюминия и меди [3] способствует формированию мелкозернистой структуры при закалке и достижению высоких прочностных и пластических свойств.

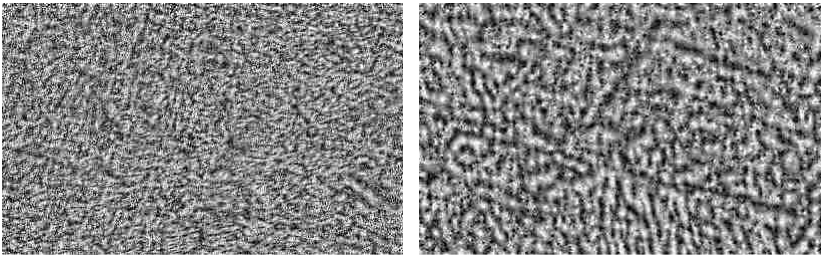
Для изучения структуры металлических материалов разработано большое количество методик [4, 5]. В настоящей работе приведены результаты исследования структуры термически упрочненной стали 30ХГСН2МФ с помощью оптической микроскопии.

В результате анализа химического состава изучаемой стали установлено следующее содержание легирующих элементов: Si – 1,1 %, Mn – 0,7 %, Cr – 0,12 %, Ni – 1,9 %, Mo – 0,3 %, Al – 0,03 %, Cu – 0,11 %, V – 0,01 %.

Выявление микроструктуры стали осуществлялось путем химического травления металлографического шлифа реактивом на основе $FeCl_3$, C_2H_5OH и H_2O с соотношением компонентов 1:3:2. Подготовленный образец изучался с помощью металлографического микроскопа ММР-2Р в режиме светлопольного освещения поляризованным светом.

На рис. 1 представлена микроструктура образца при увеличениях 650× и 1440×. При исследовании образца с увеличением 1440× использовался иммерсионный объектив.

В соответствии со шкалой ГОСТ 8233-56 выявленная мартенситная структура может быть оценена по 3 баллу, размер игл не превышает 4 мкм, что характерно для мелкоигольчатого мартенсита.



а) б)

Рис. 1. Микроструктура высокопрочной стали 30ХГСН2МФ при увеличении 650× (а) и 1440× (б)

В результате анализа изображений микроструктуры образца, представленной на рис. 1, установлено, что в результате термического упрочнения стали 30ХГСН2МФ путем закалки с последующим низким отпуском формируется карбидная фаза на основе легированного цементита и структура реечного мелкоигольчатого мартенсита, что обуславливает высокую прочность и пластичность стали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мордасов Д.М.* Особенности термической обработки сварных соединений из стали 10Х17Н10М2Т / Д.М. Мордасов, С.В. Зотов, Д.А. Черных // «Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах»: Тезисы докладов 3-й Международной конференции с элементами научной школы. Тамбов. 2016. С. 181-183.
2. *Мордасов Д.М.* Термоциклическая обработка штампов для работы в условиях горячего деформирования из стали Х12МФ / Д.М. Мордасов, С.В. Зотов // Вестник ТГТУ. 2016. Т. 22. № 3. С. 481-490.
3. Пат. 2520247 РФ, МПК7 C22C 38/44, F41H 1/02, F41H 5/02, C21D 9/42. Высокопрочная броневая сталь и способ производства листов из нее / В.П. Толкачев, Н.Н. Булкин, В.И. Курохтин, П.И. Иващенко. № 2013109139/02; заявл. 01.03.2013; опубл. 20.06.2014. Бюл. № 17. 8 с.
4. *Мордасов Д.М.* Сканирующая зондовая микроскопия высококоэрцитивных материалов / Мордасов Д.М., Проценко И.Г. // Междисциплинарные подходы в материаловедении и технологии. Теория и практика: Сборник трудов Всероссийского совещания заведующих кафедрами материаловедения и технологии материалов. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 163-170.
5. *Королев А.П.* Определение толщины пленки Al2O3 на холодных катодах оптическим методом / А.П. Королев, Д.М. Мордасов // Вестник ТГТУ, 2012. Т.18, № 3. С. 683–687.

УДК 620.186

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ВЫСОКОПРОЧНОЙ БРОНЕВОЙ СТАЛИ

М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов

Научный руководитель – Д.М. Мордасов, д-р техн. наук, профессор

Тамбовский государственный технический университет

Проведены исследования высокопрочной броневой стали на содержание неметаллических включений. В рассматриваемом образце обнаружены включения недеформируемых силикатов, оцениваемых баллом 5б по шкале ГОСТ 1778-70. Выявлены источники возникновения данных включений в высокопрочной броневой стали.

Ключевые слова: *высокопрочная броневая сталь, неметаллические включения, микроанализ, структура.*

THE DEFINITION OF NON-METALLIC INCLUSIONS IN HIGH STRENGTH ARMOUR STEEL

M.D. Mordasov, D.M. Mordasov

Scientific Supervisor - D.M. Mordasov, Doctor of Technical Sciences, Professor

Tambov State Technical University

Researches of high-strength armor steel on the maintenance of nonmetallic inclusions have been carried out. In this sample discovered the inclusion of non-deformable silicates, the evaluated score 5б on a scale ГОСТ 1778-70. The sources of these inclusions in high-strength armor steel have been revealed.

Keywords: *high-strength armor steel, nonmetallic inclusions, microanalysis, structure.*

В современном машиностроительном производстве широко применяются стали и сплавы специального назначения, требуемый комплекс свойств которых достигается с помощью различных технологических приемов [1-3]. Броневая сталь используется для изготовления военной

техники и специальных транспортных средств, которым необходима защита от мелкокалиберных огнестрельных оружий. Эта сталь должна обладать необходимыми свойствами по прочности, пластичности и вязкости, чтобы выдержать прямые попадания пуль. Защитный материал не должен быть слишком тяжелым, чтобы не снижать скоростные характеристики транспортного средства. Одной из главных задач при производстве материала является придание металлу таких свойств, которые позволят распределить поступающую кинетическую энергию по всей поверхности.

Качество стали во многом зависит от содержания неметаллических включений, которые, в свою очередь, являются хрупкими и могут понизить механические свойства материала. Крупные включения зачастую служат местами образования трещин. Присутствие большого количества неметаллических включений приводит к неравномерному обособлению структурных составляющих.

Неметаллические включения, образовавшиеся в стали в процессе ее производства – выплавки и разливки, в зависимости от природы, количества, формы, размера и характера распределения, влияют на качество, свойства и эксплуатационные характеристики стали. Согласно классификации, предложенной А. А. Байковым, все неметаллические включения по природе их происхождения можно разделить на эндогенные неметаллические включения, образовавшиеся в стали в результате химических реакций, протекающих в процессе ее выплавки, раскисления и разливки, и вследствие изменения растворимости примесей в процессе кристаллизации слитка, и экзогенные неметаллические включения, попавшие в жидкую сталь или в слиток извне, т.е. из шихтовых материалов, огнеупорной футеровки сталеплавильных агрегатов и устройств и т. п.

В работе проведены исследования на наличие неметаллических включений в высокопрочной стали, используемой для бронирования легкой автомобильной техники. Структура материала изучалась на металлографическом микроскопе ММР-2Р. На рис. 1 представлена микроструктура полученная при увеличении 170×.

В результате микроанализа образцов стальной брони установлено присутствие в структуре неметаллических включений. В соответствии с ГОСТ 1778-70 в образце присутствуют недеформируемые силикаты. Размер выявленных неметаллических включений соответствует баллу 5б.

Полученная оценка наличия и распределения неметаллических включений соответствует одному из наивысших (с точки зрения неблагоприятности) баллов. Такого рода включения негативно влияют на предел усталости сталей, при их изгибе приводящих к разрушению трещины возникают именно в областях включений.

Рис. 1. Неметаллические включения в высокопрочной броневой стали (увеличение 170×)

С учетом размеров, формы и распределения неметаллических силикатных включений, наиболее вероятной причиной их присутствия в исследуемой высокопрочной броневой стали является процесс ее раскисления в ходе металлургической плавки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мордасов Д.М.* Особенности термической обработки сварных соединений из стали 10Х17Н10М2Т / Д.М. Мордасов, С.В. Зотов, Д.А. Черных // «Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах»: Тезисы докладов 3-й Международной конференции с элементами научной школы. - Тамбов. 2016. С. 181-183.

2. *Мордасов Д.М.* Повышение эксплуатационных свойств штампов из стали Х12МФ / Д.М. Мордасов, С.В. Зотов // «Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах»: Тезисы докладов 3-й Международной конференции с элементами научной школы. Тамбов. 2016. С. 76-77.

3. *Мордасов Д.М.* Термоциклическая обработка штампов для работы в условиях горячего деформирования из стали Х12МФ / Д.М. Мордасов, С.В. Зотов // Вестник ТГТУ. 2016. Т. 22. № 3. С. 481-490.

УДК 669.14:004.422

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА МАРКИ СТАЛИ ИЗ БАЗЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ

А.А. Смирнов, Н.И. Вершинина

Научный руководитель – Н.И. Вершинина, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается создание программного обеспечения, позволяющего исходя из: сферы применения материала, требуемых свойств заказчика, видов, режимов термообработки и свойств марки стали после термообработки выбрать оптимальную марку стали.

Ключевые слова: *программное обеспечение, марка стали, термообработка.*

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR THE SELECTION OF THE STEEL GRADE FROM THE DATA

A.A. Smirnov, **N.I. Vershinina**

Scientific Supervisor – N.I. Vershinina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

We consider the creation of software that allows you to choose from the following: the scope of the material, the required properties of the customer, the types, heat treatment regimes and the properties of the steel grade after heat treatment, to choose the optimum grade of steel.

Keywords: *software, steel grade, heat treatment.*

В настоящее время актуальной проблемой является эффективное использование значительных объемов информационных данных, которые скапливаются в многочисленных текстовых базах, книгах и справочниках, локальных и глобальных сетях, часто представляя собой массив неструктурированной информации. В современных условиях при выборе

материала специалисту приходится постоянно работать со стремительно растущим информационным потоком даже по локальной тематике. Если в подобных условиях отсутствуют адекватные и эффективные инструменты анализа данных, то специалисту приходится обрабатывать огромный объем данных вручную. Это приводит к неоправданному расходу времени и усилий, что, в свою очередь, часто провоцирует финансовые потери. Современные технологии позволяют оптимизировать многие процессы анализа информации – повысить скорость обработки и увеличить объемы анализируемых данных, повысить общее качество работы и облегчить представление результатов анализа. Поэтому разработка программного обеспечения, позволяющего выбрать наиболее подходящий материал для определенных целей, является важной задачей.

Принцип работы программного продукта заключается в последовательном выборе сферы применения материала, его эксплуатационных свойств и дальнейшем выборе одной марки стали из предложенных. Далее пользователь переходит к выбору вида и режима термообработки выбранной марки стали и в конечном итоге сравнивает свойства, полученные материалом после термообработки с требуемыми свойствами заказчика.

В программе будет фигурировать несколько окон, а именно: «Требуемые свойства», «Список марок стали», «Виды термообработки», «Режим термообработки», «Свойства после ТО». В начале перед пользователем возникнет окно, в котором потребуется указать требуемые свойства материала: временное сопротивление разрыву (МПа), предел упругости (МПа), относительное удлинение после разрыва (%), относительное сужение (%), ударная вязкость (кДж^2/м^2). Исходя из введенных параметров программный продукт предложит пользователю на выбор список марок сталей, подходящих под эти условия в виде упорядоченного списка по экономической составляющей (от дешевых к дорогим).

Следующим шагом пользователя будет выбор одной марки стали из предложенных. После этого откроется окно, в котором пользователь сможет увидеть все возможные виды термообработки, используемые для данной марки стали: отжиг, закалка, отпуск, нормализация, химико-термическая обработка (ХТО), цементация стали, азотирование стали, нитроцементация (цианирование) стали, борирование стали, цинкование (Zn), аллитирование (Al), хромирование (Cr), силицирование (Si), термомеханическая обработка (ТМО). Далее пользователь сможет выбрать нужный режим термообработки и посмотреть более конкретные данные по нему: температуру, время выдержки, среду. И последним шагом будет сравнение свойств стали после термообработки с теми требуемыми свойствами, которые пользователь указал в начале. Если

экспериментально свойства соответствуют ожидаемым, то выбор закончен.

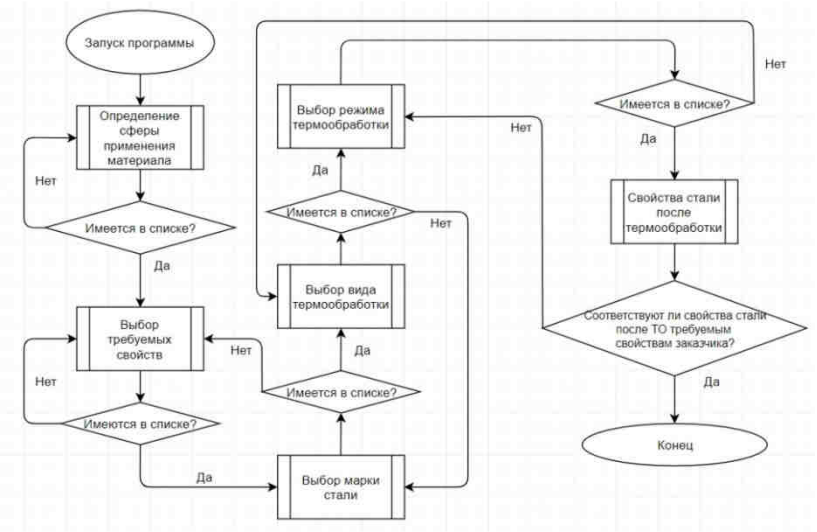


Рис. 1. Блок-схема работы программного обеспечения для выбора марки стали

Программное обеспечение будет опробовано на одной из деталей двигателя, изготавливаемого на Ярославском моторном заводе (ЯМЗ). Свойства после термообработки будут добавлены в программное обеспечение на основе проведенных экспериментов на ЯМЗ.

Если пользователь введет некорректные данные в окне «Требуемые свойства», то на выбор не будет предоставлено ни одной марки стали и данные придется ввести повторно. Если пользователь не увидит в окне «Термообработка» нужного режима, то потребуется вернуться назад и поменять марку стали. Если пользователя будут не устраивать данные, полученные после термообработки, то можно изменить режим термообработки и подыскать оптимальный вариант.

Таким образом разработкой программного обеспечения для выбора марки стали из базы информационных данных будет решена задача выбора оптимального материала для конкретной детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по конструкционным материалам: Справочник / Б.Н. Арзамасов, Т.В. Соловьева, С.А. Герасимов и др.; под.ред. Б.Н. Арзамасова, Т.В. Соловьевой. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. С. 141-144.
2. *Ассонов А.Д.* Технология термической обработки деталей.

УДК 672.7

ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН

Ю.А. Тополь, Н.И. Вершинина

Научный руководитель - Н.И. Вершинина, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрение эксплуатационных показателей современных твердосплавных сменных многогранных пластин.

Ключевые слова: *материаловедение, режущий инструмент, СМП.*

STUDY OF THE OPERATIONAL PROPERTIES OF CARBIDE-TIPPED PLATES

Y.A. Topol`, N.I. Vershinina

Scientific Supervisor - N.I. Vershinina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Consideration of performance indicators of modern hard-alloy replaceable polyhedral plates.

Keywords: *material science, cutting tool, SMP.*

Рынок твердосплавных сменных многогранных пластин (СМП) российского производства является динамично развивающимся с темпом роста 12,6% в год, объемом, примерно, 110 млн. рублей. При этом основные эксплуатационные показатели инструментов СМП, такие как износостойкость, стружкодробящая способность, допускаемая скорость резания, вплотную приближаются к зарубежным аналогам.

Для сравнения эксплуатационных свойств были подобраны СМП 4-х различных фирм, которые имеют схожую область применения. СМП нового поколения производства ОАО «КЗТС». Так, геометрия передней поверхности с индексом «М2» соответствует геометрии «TF» фирмы ISCAR. Индекс «Н1» соответствует геометрии «GH» фирмы Korloy и т. д.

Учитывая это, эксперименты были проведены при обработке легированной стали 38Х2МЮА (материал группы Р по ИСО). Как было отмечено выше, геометрия М2 соответствует геометрии TF фирмы ISCAR, которая предназначена для получистовой обработки (t=1-4мм, S=0,12-0,35 мм/об) конструкционных углеродистых, легированых, а также нержавеющих сталей. В связи с этим в опытах была принята глубина резания t=1,0 мм и подача S=0,17 мм/об из ряда подач станка модели 1К625, принятого в качестве оборудования. В качестве инструмента использовали резец PCLNR 2525-К12 (с углами φ=95º, φ1=5º). Проведение экспериментов было организовано следующим образом. Заготовку с исходным диаметром 80 мм при вылете 600 мм закрепляли в 3-х кулачковом патроне с поджимом вращающимся центром задней бабки. Обработку производили без применения СОЖ по методу последовательных проходов. При этом, уменьшение скорости резания, обусловленное уменьшением диаметра обработки, компенсировали переключением коробки скоростей на следующую бóльшую частоту вращения шпинделя.

Для того, чтобы поставить сравниваемые СМП в одинаковые условия, каждый последующий проход чередовался новой СМП. За критерий затупления контактных поверхностей был принят линейный износ задней поверхности, который измерялся на инструментальном микроскопе БМИ-1 с последующим фиксированием характера изнашивания на цифровую фотокамеру. Кроме того, для более объективной оценки износостойкости сравниваемых СМП учитывали не только время ее работы, но и пройденный путь резания, который также уменьшается с уменьшением диаметра заготовки. Оценку формы и размеров стружки проводили по собранным ее образцам. При этом, в соответствии с рекомендациями фирмы Sandvik Coromant, за приемлемую принимается стружка, длина спиралей которой не превышает 100 мм. Процесс формирования стружки на передней поверхности СМП также фиксировался на цифровую фотокамеру, что позволяет визуально оценить влияние на него отличия в конфигурации сравниваемых поверхностей.

В качестве первого аналога для сравнения была принята СМП формы CNMG 120408043 из сплава СТ35М (с областью применения по ИСО Р35), производства Sandvik-МКТС, несмотря на то, что его износостойкость должна быть ниже, чем у отечественного сплава с областью применения Р20. Обоснованность его применения была вызвана тем фактом, что сплавы производства КЗТС более раннего выпуска уступали своим зарубежным аналогам даже при меньшем номере подгруппы его применения по ИСО.Вторым аналогом являлась СМП формы CNMG 120408-М3 из сплава марки ТК2000 (Р15) фирмы SECO (Швеция), а третьим аналогом – СМП формы CNMG 120408-GM из сплава NC 3120 (Р15-Р30) южно-корейской фирмы Korloy.

Результаты стойкостных испытаний сравниваемых СМП приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты стойкостных испытаний сравниваемых СМП

СМП: - Геометрия, - Сплав, - Производитель	Диаметр заготовки D, мм; частота вращения шпинделя, n об/мин	Средняя скорость резания, м/мин	Путь резания, м	Время работы, мин	Износ задней поверхности, мм
-CNMG 120408-M2,-TC20PT (P20), -КЗТС 	D=71-48 n=1250, 1600	264	1962	7,39	0,17
-CNMG 120408-43 -CT35M (P35) -Sandvik-МКТС 	D=67 n=1250	263	700	2,66	0,26
-CNMG 120408-M3 -TK2000 (P15) -SECO 	D=60-50 n=1250, 1600	266	2556	9,78	0,18
-CNMG 120408-GM -NC3120 (P15-P30) -Korloy 	D=52 n=1600	261	543	2,07	0,08

Оценка стружкодробящей способности передних поверхностей сравниваемых сплавов показало следующее. На рис. 1 представлены фотографии процесса стружкозавивания на них, а также образцы стружки. Из них следует, что в условиях данных экспериментов наиболее компактная стружка формируется на передней поверхности с индексом «43» (Sandvik-МКТС). Для геометрии «М2» (КЗТС) характерна стружка с длиной спирали более 100 мм, что делает ее неприемлемой для работы на станках с ЧПУ.

Рис. 1. Результаты экспериментов:
а - сход стружки по передней поверхности; б - форма стружки

Следовательно, при решении вопроса выбора конфигурации передней поверхности на отечественной СМП для получистовой обработки, более предпочтительной является геометрия «43». Кроме того, аналогичная геометрия с классическими стружкозавивающими канавками ранее использовалась на СМП из твердых сплавов серии МС по ТУ 48-19-307-80, выпускаемых МКТС в 80-е годы прошлого столетия по лицензии фирмы Sandvik Coromant. В таком случае не возникает вопросов о правомочности использования зарубежных аналогов форм передней поверхности на СМП отечественного производства.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Режущие свойства твердых сплавов нового поколения производства КЗТС способны составить серьезную конкуренцию зарубежным аналогам, что весьма актуально для отечественной промышленности.

2. При выборе формы передней поверхности на СМП для получистового точения отечественного производства предпочтение следует отдать геометрии с индексом «43».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОАО «Кировградский завод твердых сплавов». Каталог. Пластины сменные многогранные твердосплавные. 2010.

2. *Панов В.С.* Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них / В.С.Панов, А.М. Чувилин. МИСИО, 2001.

УДК 620.18

ВЛИЯНИЕ КАРБИДНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

И.Л. Щелухин, Т.Д. Стоянова

Научный руководитель – Т.Д. Стоянова, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Анализ причин разрушения режущего инструмента из быстрорежущих сталей под действием карбидной неоднородности

***Ключевые слова**: разрушение инструмента, карбидная неоднородность,. режущий инструмент.*

DESTRUCTION OF THE TOOL UNDER THE INFLUENCE OF CARBIDE HETEROGENEITY

I.L. Sheluhin, T.D. Stoyanova

Scientific Supervisor – T.D. Stoyanova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

Analysis of mechanisms of destruction of cutting tools from high-speed steels under the action of carbide heterogeneity

***Keywords**: destruction of the tool due to carbide nonuniformity.*

Разрушение режущего инструмента из быстрорежущей стали при эксплуатации является серьезной проблемой современного производства.

Факторами, обуславливающими разрушение любого изделия при эксплуатации, являются:

-ошибки конструктора;

- нарушения технологии и сборки;
- качество материала;
- неправильная эксплуатация.

В статье рассматривается качество материала, т. е состояние структуры материала, влияющее на эксплуатационные и технологические качества инструментальной стали.

Структура инструментальной быстрорежущей стали состоит из мартенсита и карбидов. Высокий уровень эксплуатационных и технологических свойств обеспечивается мелкоигольчатым мартенситом с мелкодисперсными, равномерно распределенными карбидами.

По ряду технологических причин карбиды в быстрорежущей инструментальной стали принимают как неравномерное распределение, так и приобретают неравномерную форму. Этот дефект называется карбидная неоднородность [1, 2].

Требования к уровню карбидной неоднородности и шкалы для определения балла регламентированы ГОСТ 19265-73[3].

Различают следующие виды карбидной неоднородности [1, 2]:

- карбидные строки;
- широкие скопления карбидов;
- карбиды, отложившиеся по границам зерен в виде сетки;
- эвтектические карбиды, расположенные в виде ячеистой структуры;
- крупные угловатые карбиды.

В статье проведен анализ причин разрушения шести режущих инструментов. Разрушения произошли при эксплуатации в производственных условиях. Представлены протоколы исследования микроструктуры и твердости материала инструмента (табл. 1), фотографии разрушенного инструмента, микроструктуры (табл. 2), анализ причин разрушения и влияние карбидной неоднородности на эксплуатационные и технологические свойства инструментальной быстрорежущей стали (табл. 3). Результаты исследования микроструктур быстрорежущей стали свидетельствуют о следующем:

1) карбидная неоднородность снижает как эксплуатационные свойства режущего инструмента, так и технологические;

2) дефекты, приводящие к разрушению инструмента, обусловлены карбидной неоднородностью;

3) причинами разрушения режущего инструмента, связанного с карбидной неоднородностью, являются:

- неоднородность химического состава, обусловленная неравномерным распределением карбидов в общем объеме и в микрообъемах детали, приводящая к неоднородности микроструктуры и возникновению дополнительных внутренних напряжений при закалке;
- концентраторы напряжений на режущей кромке, образующиеся выходом выкрошенных при шлифовке строк карбидов;
- концентраторы напряжений на режущей кромке, образовавшие в результате выкрашивания крупных карбидов, слабо связанных с матрицей;
- снижение прочности стали в результате выделения карбидов по границам зерен.

Таблица 1. Микроструктура и твердость материалов режущего инструмента после разрушения

Название	Описание	Технические требования	Твердость HRC	Микроструктура ГОСТ8233-56	Номер зерна шкала ГОСТ5639-82	Карбидная неоднородность в соответствии ГОСТ19265-73
Зенкер 1	Первая ступень зенкера разрушена в продольном направлении. Излом мелкозернистый, с окисленной поверхностью	- сталь Р6М5; - твёрдость 62-65HRC	58-63 HRC	В районах со скоплениями эвтектических карбидов - среднеигольчатый мартенсит и троостит.Основная структура – скрытоигольчатый мартенсит с карбидами (см. табл. 2, рис.1.2).*В плоскости микрошлифа поверхность излома окислена*	В районах со скоплениями эвтектических карбидов – 7-8 балл; Основная структура – 10 балл (см. табл. 2, рис.1.2)	6-7 балл (шкала№1) с эвтектическими карбидами (см. табл. 2, рис.1.1)
Зенкер 2	Разрушился в поперечном направлении. Излом мелкозернистый без следов окисления. При проверке на магнитном дефектоскопе, на поверхности канавок для выхода стружки обнаружены отложения магнитного порошка в виде тонких продольных линий (см. табл. 2, рис. 2.1, 2.2).	Сталь Р6М5; Твёрдость рабочей части – 62-65HRC	64 HRC	Весьма мелкоигольчатый мартенсит 2 балла шкалы ГОСТ 8233-56 с карбидами. Травимость неравномерная (см. табл. 2, рис.2.4)	10 балл	Карбидная неоднородность – 4А балл шкалы №1. Наблюдаются грубые строчки крупных угловатых карбидов с выкрашиванием карбидных частиц, сливающихся в продолжительные по длине участки (см. табл. 2, рис.2.3)
Метчик	Разрушение в поперечном направлении рабочей части зенкера.	Сталь – Р18 – рабочая часть, Твёрдость 62-64HRC	64 HRC – рабочая часть	Мелкоигольчатый мартенсит 4 балла шкалы ГОСТ 8233-56 с карбидами в значительной части расположенными по границам зёрен (см. табл. 2, рис.3.1) Травимость микроструктуры неоднородная.	7-8 балл	Реальный балл карбидной неоднородности определить не представляется возможным т.к. карбиды расположены по границам зёрен. В плоскости шлифа наблюдаются полости от выкрощенных карбидов (см. табл. 2, рис. 3.2, 3.3).
Протяжка	Разрушение в поперечном направлении по рабочей части. Часть поверхности изломов, прилегающей к поверхности имеет окислы (см. табл. 2, рис. 4.1). При проверке на магнитном дефектоскопе на поверхностях протяжек наблюдаются продольные отложения магнитного порошка (см. табл. 2, рис. 4.2).	- сталь Р6М5 – режущая часть; - твёрдость 63-65HRC	63-64 HRC	Весьма мелкоигольчатый мартенсит с карбидами (см. табл. 2, рис. 4.4) В плоскости продольного микрошлифа продольные отложения отложения магнитного порошка представляют собой скопления угловатых карбидов выстроенных в полосы, выкрашенные при механической обработке. На поверхности обнаружена трещина (см. табл. 2, рис. 4.3)	9-10балла	Карбидная неоднородность соответствует 4 баллу шкалы №2 ГОСТ 19256-73
Сверло	Массовой поломка. При проверке на магнитном дефектоскопе на поверхностях для выхода стружки наблюдаются отложения магнитного порошка в виде тонких продольных полос (см. табл. 2, рис.5.1).	- сталь Р6М5; - твёрдость рабочей части – 63-65HRC	62-65HRC	Мартенсит с карбидами. Карбиды – крупные, образуют широкие скопления, вытянутые по направлению прокатки. Мартенсит в районе скоплений карбидов - среднеигольчатый 5 балла, в остальных местах – скрытоигольчатый 1 балла шкалы (см. табл. 2, рис.5.3, 5,4)	В районах скопления карбидов аустенитные зёрна имеют величину 7-8 баллов. В остальных местах 10-11баллов (см. табл. 2, рис. 5,4)	Карбидная неоднородность – 6А. В плоскости шлифа, отложения магнитного порошка, наблюдаемые на поверхности канавок для выхода стружки, представляют собой трещины, проходящие по продольным скоплениям карбидов (см. табл. 2, рис.5.2; 5,3).
Долбяк	На долбяке наблюдается выкрашивание рабочей кромки (см. табл. 2, рис. 6.1).	сталь Р18; -твёрдость режущей части – 62-64HRC; -карбидная неоднородность - не более 3 балла	62-64HRC	Весьмамелкоигольчатый мартенсит 2 балла шкалы с эвтектическими карбидами (см. табл. 2, рис. 6.2;6.3) На режущих кромках обнаружены трещины, проходящие по скоплениям крупных карбидов (см. табл. 2, рис. 6.4)	10 балл	Карбидная неоднородность имеет слабодеформированную ячеистую структуру, состоящую из скоплений нераздробленной эвтектики (см. табл. 2, рис. 6.2; 6.3)

Таблица 2. Изображения микроструктур и разрушения инструментов

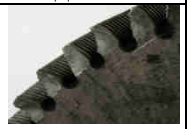
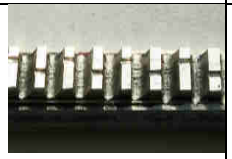
Зенкер 1	Зенкер 2	Метчик 2	Протяжка	Сверло	Долбяк
					
Рис. 1.1 х500	Рис. 2.1 х100	Рис. 3.1 х200	Рис. 4.1	Рис. 5.1	Рис.6.1
					
Рис.1.2 х500	Рис. 2.2 х100	Рис. 3.2 х100	Рис. 4.2	Рис. 5.2	Рис. 6.2 х100
	Рис. 2.3 х 200	Рис. 3.4 х500	Рис. 4.3	Рис. 5.3 х200	Рис. 6.3 х200
	Рис. 2.4 х200		Рис. 4.4	Рис. 5.4 х500	Рис.6.4 х200

Таблица 3. Анализ причин разрушения и влияние карбидной неоднородности на эксплуатационные и технологические свойства инструментальной быстрорежущей стали

<table>
<tr><th>Дефекты структуры</th><th>Эксплуатационные свойства</th><th>Технологические свойства</th></tr>
<tr><td colspan="2">Карбидные строки</td><td rowspan="3">Появляется заметная анизотропия механических (прочность и вязкость) и физических свойств в продольном и поперечном направлени-ях;термообработка таких сталей сопровождается увеличенной деформацией</td></tr>
<tr><td>Карбиды образуют строки, которые выходя на поверхность выкрашиваются при механиче-ской обработке</td><td>Выходя на поверхность, являются концентраторами напряжений, приводят к</td></tr>
<tr><td>В районе строк карбидов наблюдается неравномерная травимость структуры, что свидетельствует о неоднородности химического</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Широкие скопления карбидов</td></tr>
<tr><td>Неравномерная структура;вокруг скоплений карбидов наблюдаются участки среднеигольчатого мартенсита с большим количеством остаточного аустенита, образуя участки с пониженной микротвердо-стью;неравномерные размеры зерен</td><td>снижается связь крупных карбидов с матрицей, что облегчает их выкрашивание в рабочей кромке; выходя на поверхность участки с пониженной микротвердостью снижают усталостную прочность режущей кром-ки;выкрашивающиеся</td><td rowspan="4">усиливается концентрация напряжений при закалке из-за неоднородности химического состава аустенита,при этом сталь имеет неоднородное по размерам зерно,в связи с этим возрастает чувствительность стали к образованию трещин при закалке с неравномерным распределением карбидов; выкрашивание карбидов затрудняет шлифовку и полировку инструмента</td></tr>
<tr><td colspan="2">Карбиды, отложившиеся по границам зерен в виде сетки</td></tr>
<tr><td>Карбиды по границам зерен</td><td>Снижается прочность стали</td></tr>
<tr><td colspan="2">Эвтектические карбиды, расположенные в виде ячеи-стой структуры</td></tr>
<tr><td>Крупные эвтектические карби-ды в виде ячеистой структуры</td><td>Крупные карбиды; выкрашиваются, выходя на поверхность рабочей кромки, образуя концен-траторы напряжений; трещины развиваются по крупным скоплениям карбидов</td></tr>
</table>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геллер Ю.А.* Инструментальные стали. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1983. 527 с.

2. *Артингер И.* Инструментальные стали и их термическая обработка: пер. с венгр. М.: Металлургия, 1982. 312 с.

3. ГОСТ 19265-73 Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические требования (с Изменениями 1-6). М.: Изд-во стандартов, 2003. 87 с.

УДК 662.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДНОЙ ТЕРМИТНОЙ СМЕСИ

И.О. Гурский, А.Р. Самборук

Научный руководитель – А.Р. Самборук, д-р техн. наук, профессор

Самарский государственный технический университет

Проводятся результаты исследования гранулометрического состава, микроструктуры и формы частиц исходных компонентов для получения медной термитной смеси: порошков алюминия, оксида меди, меди и ферромарганца.

***Ключевые слова**: медная термитная смесь, исходные компоненты, алюминий, оксид меди, медь, ферромарганец, гранулометрический состав, микроструктура.*

RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF INITIAL COMPONENTS FOR PRODUCING COPPER THERMAL MIXTURE

I.O. Gursky, A.R. Samboruk

Scientific Supervisor – A.R. Samboruk, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Samara State Technical University

The results of the investigation of the granulometric composition, microstructure and the shape of the particles of the initial components for the production of a copper termite mixture are prepared: aluminum powders, copper oxide, copper and ferromanganese.

***Key words**: copper termite mixture, initial components, aluminum, copper oxide, copper, ferromanganese, granulometric composition, microstructure.*

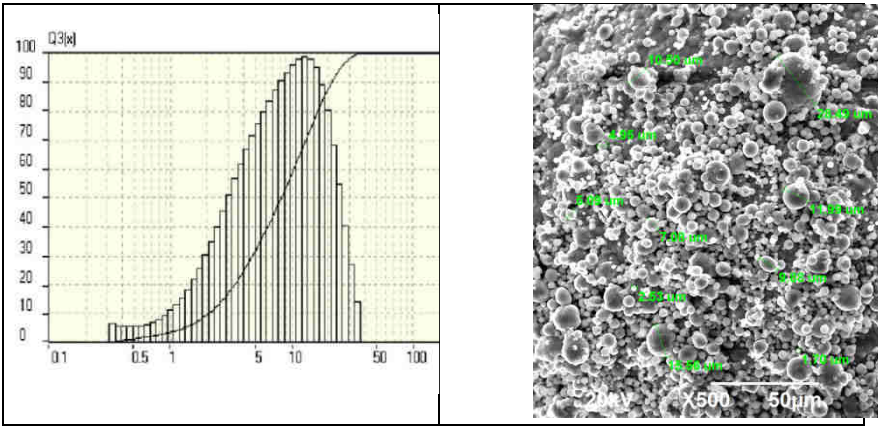
Металлотермические процессы – это процессы получения металлов методом восстановления их из соединений более активными металлами. Такие процессы сопровождаются выделением большого количества тепла, поэтому металлотермические процессы протекают в режиме горения [1, 2].Термитная сварка является простым технологическим спо-

собом присоединения выводов электрохимической защиты. Сущность этого процесса заключается в использовании энергии термохимической окислительно-восстановительной реакции. Во время этой реакции металл нагревается до высокой температуры и начинает оплавляться с поверхности труб и выводов, образуя неразъемное соединение.

В настоящее время для осуществления приварки выводов ЭХЗ на стальные трубы магистральных газопроводов, находящихся под эксплуатационным давлением, применяется медный термит. Как известно из теории горения пиротехнических составов, скорость горения гетерогенных конденсированных систем зависит от дисперсности исходных компонентов [3, 4]. Для термитных систем наибольшее влияние на скорость горения оказывает размер частиц горючего - алюминия и окислителя - оксида меди.

Гранулометрический состав исходных порошков определялся на лазерном анализаторе размеров частиц «Analysette 22 Compact», а микроструктура исследовалась на растровом электронном микроскопе Jeol JSM-6390A.

Результаты исследования гранулометрического состава и микроструктуры порошка алюминия марки АКП по ТУ 1791-99-023-99 представлены на рис. 1.

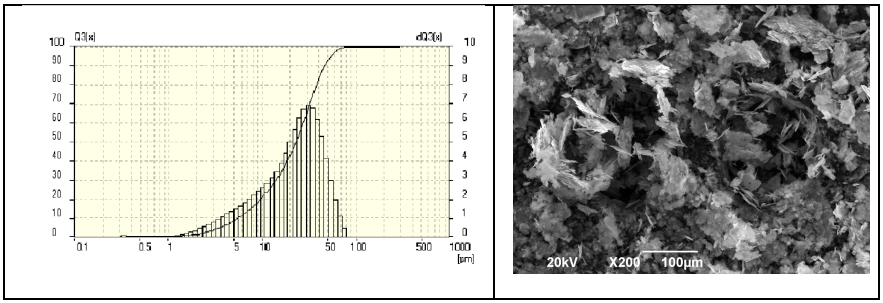


а) гранулометрический состав б) микроструктура (х50)

Рис. 1. Гранулометрический состав и микроструктура порошка алюминия марки АКП

Как видно из графиков, порошок алюминия марки АКП состоит из округлых частиц размером от 2 мкм до 30 мкм, покрытых пленкой оксида алюминия.

Результаты исследования гранулометрического состава и микроструктуры порошка алюминиевой пудры марки ПАП-2 представлены на рис. 2.

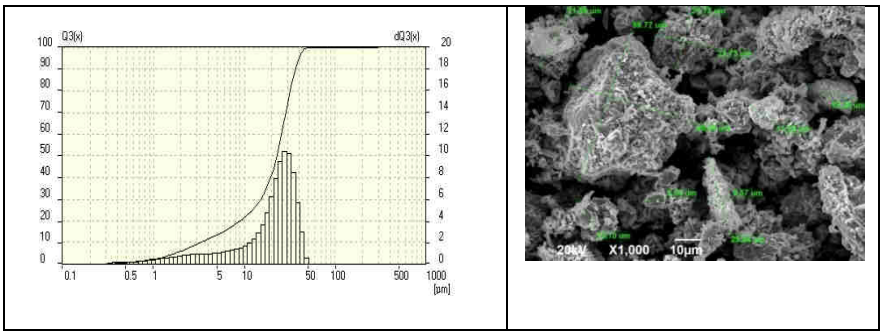


а) гранулометрический состав б) микроструктура (х200)

Рис. 2. Гранулометрический состав и микроструктура порошка алюминиевой пудры марки ПАП-2

Порошок алюминиевой пудры марки ПАП-2 состоит из очень тонких (1-4 мкм) частиц пластинчатой формы размером 5-50 мкм.

Результаты исследования гранулометрического состава и микроструктуры порошка оксида меди по ГОСТ-16539-79 представлены на рис. 3.

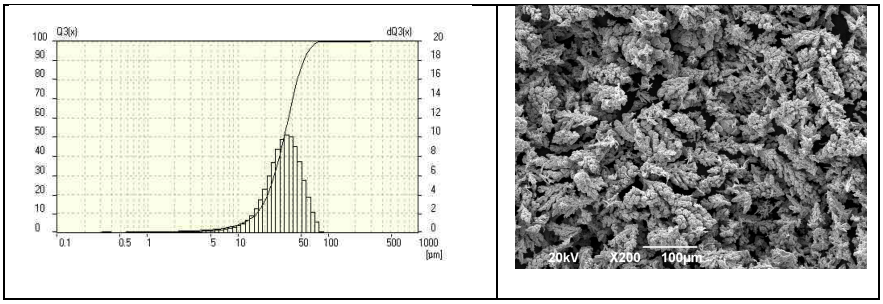


а) гранулометрический состав б) микроструктура

Рис. 3. Гранулометрический состав и микроструктура порошка оксида меди по ГОСТ - 16539-79

Порошок оксида меди по ГОСТ-16539-79 состоит из пористых частиц неправильной формы размером от 5 мкм до 50 мкм.

Результаты исследования гранулометрического состава и микроструктуры порошка меди марки ПМС-Н, ГОСТ-4960-75 представлены на рис. 4.

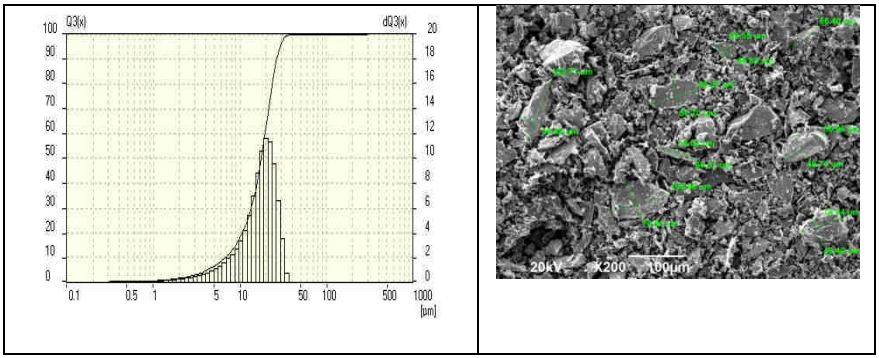


а) гранулометрический состав б) микроструктура

Рис. 4. Гранулометрический состав и микроструктура порошка меди марки ПМС-Н

Порошок меди марки ПМС-Н представляет собой пористые вытянутые агломерированные частицы в виде «елочки» длиной до 80 мкм, состоящие из игольчатых частиц диаметром 0,6-1,5 мкм и длиной 5-15 мкм.

Результаты исследования гранулометрического состава и микроструктуры порошка ферромарганца ФМн80 ТУ 14-5-87-77 представлены на рис. 5.



а) гранулометрический состав б) микроструктура

Рис. 5. Гранулометрический состав и микроструктура порошка ферромарганца ФМн80 ТУ 14-5-87-77

Порошок ферромарганца ФМн80 ТУ 14-5-87-77 состоит из набора оскольчатых частиц различного размера от 3-5 мкм до 30-70 мкм.

Таким образом, в результате проведенных исследований определен гранулометрический состав, изучена микроструктура и определена форма частиц порошков алюминия, меди, оксида меди и ферромарганца.

Полученные результаты помогут в оптимизации рецептуры медной термитной смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Малкин Б.В.* Термитная сварка / Б.В. Малкин, А.А. Воробьев. М.: Издательство коммунального хозяйства РСФСР, 1963. 105с.
2. *Лякишев Н.П.* Алюминотермия. М.: Металлурги. 1978. 424 с.
3. *Плинер Ю.Л.* Восстановление окислов металлов алюминием / Ю.Л. Плинер, Г.Ф. Игнатенко. М.: Металлургия. 1967. 248 с.
4. *Шидловский А.А.* Основы пиротехники. / М.: Машиностроение. 1973. 290 с.

УДК 536.46: 541.1

ВЛИЯНИЕ ТИПА ВОССТАНОВИТЕЛЯ В РЕАКЦИИ РАСТВОРНОГО СИНТЕЗА ГОРЕНИЕМ ХРОМИТОВ МЕДИ И НИКЕЛЯ НА ПАРАМЕТРЫ ГОРЕНИЯ И СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ ПРОДУКТОВ

А.А. Жадяев, В.А. Новиков

Научный руководитель – В.А. Новиков, ассистент

Самарский государственный технический университет

Рассматривается вопрос влияния типа восстановителя на параметры горения составов и свойства получаемых продуктов в реакциях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в растворах.

Ключевые слова: *Нанопорошок, параметры горения, самораспространяющийся высокотемпературный синтез в растворах.*

THE INFLUENCE OF THE RESTORER TYPE IN THE SOLUTION SYNTHESIS REACTION BY COMBUSTION OF COPPER AND NICKEL CHROMINES ON THE COMBUSTION PARAMETERS AND THE PROPERTIES OF OBTAINED PRODUCTS

A.A. Zhadyaev, V.A. Novikov

Scientific Supervisor – V.A. Novikov, Assistant

Samara State Technical University

The question of the effect of the type of reducing agent on the combustion parameters of the compositions and the properties of the products obtained in the reactions of self-propagating high-temperature synthesis in solutions is considered.

Keywords: *nanopowder, combustion parameters, self-propagating high-temperature synthesis in solutions.*

Большинство методов получения порошков либо не позволяют получать конечный материал с высокой удельной поверхностью и требуемого наноразмера, либо требуют высоких энергозатрат и наличия специ-

ального сложного оборудования. Бурно развивающимся альтернативным способом синтеза наноматериалов является «горение растворов» (самораспространяющийся высокотемпературный синтез в растворах), который основан на самоподдерживающейся экзотермической реакции взаимодействия компонентов на основе систем, содержащих окислитель (нитрат металла) и восстановитель (растворимые в воде линейные и циклические органические амины, кислоты и аминокислоты). Изучение влияния типа восстановителя на параметры протекающих процессов, является важной задачей, решение которой позволит подбирать наиболее оптимальные исходные компоненты для синтеза порошков требуемого состава и требуемых физико-химических свойств [1-5].

Целью работы является изучение влияние типа восстановителя (мочевина, глицин, уротропин, лимонная кислота) в исходном реакционном растворе на свойства получаемых продуктов и температуру горения в процессе СВС в растворах систем Cu-Cr-O и Ni-Cr-O.

В качестве реагирующих компонентов были использованы следующие соединения: окислители – нитраты металлов $Cu(NO_3)_2$, $Ni(NO_3)_2$, $Cr(NO_3)_3$ и восстановители – мочевина $CO(NH_2)_2$, лимонная кислота $C_6H_8O_7$, глицин $C_2H_5NO_2$, уротропин $C_6H_{12}N_4$. Результаты проведенных экспериментов представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1. Результаты анализов для системы Cu-Cr-O

Тип восстановителя	Рентгенофазовый анализ	Микроструктурный анализ
мочевина $CO(NH_2)_2$	CuO, Cr_2O_3, $CuCrO_2$, $CuCr_2O_4$	160÷220 нм
лимонная кислота $C_6H_8O_7$	CuO, Cr_2O_3, $CuCrO_2$, $CuCr_2O_4$, C	250÷290 нм
глицин $C_2H_5NO_2$	Cu, CuO, Cr_2O_3, $CuCrO_2$, $CuCr_2O_4$	280÷310 нм
уротропин $C_6H_{12}N_4$	CuO, Cr_2O_3, $CuCrO_2$, $CuCr_2O_4$	450÷500 нм

Таблица 2. Результаты анализов для системы Ni-Cr-O

Тип восстановителя	Рентгенофазовый анализ	Микроструктурный анализ
мочевина $CO(NH_2)_2$	NiO, Cr_2O_3, $NiCr_2O_4$	120÷240 нм
лимонная кислота $C_6H_8O_7$	NiO, Cr_2O_3, $NiCr_2O_4$, C	280÷330 нм
глицин $C_2H_5NO_2$	NiO, Cr_2O_3, $NiCr_2O_4$	230÷270 нм
уротропин $C_6H_{12}N_4$	NiO, Cr_2O_3, $NiCr_2O_4$	420÷470 нм

Таблица 3. Результаты измерения температур горения

Тип восстановителя	система Cu-Cr-O		система Ni-Cr-O	
	Температура горения смеси над раствором	Температура горения смеси в растворе	Температура горения смеси над раствором	Температура горения смеси в растворе
мочевина $CO(NH_2)_2$	803	760	620	820
лимонная кислота $C_6H_8O_7$	598	553	1298	1419
глицин $C_2H_5NO_2$	551	812	716	789
уротропин $C_6H_{12}N_4$	280	310	277	357

Как видно из полученных результатов, наилучшим типом восстановителя для получения хромитов, с точки зрения дисперсности получаемых порошков, является мочевина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Новиков В.А.* Исследование растворного СВС нанопорошков сложных оксидов меди и хрома и их применения в каталитическом окислении CO / В.А. Новиков, А.В. Комзолов, А.А. Жадяев // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия технические науки, июнь - 2017 г. , 2(54), 182–190 с.
2. A Novel Combustion Synthesis Preparation of CuO/ZnO/ZrO2/Pd for Oxidative Hydrogen Production from Methanol / *S.* Schuyten, P. Dinka. A.S. Mukasyan, E.E. Wolf // Catal. Lett. 2007. Vol. 121. P. 189−198.
3Combustion Synthesis of a Nickel Supported Catalyst: Effect of Metal Distribution on the Activity during Ethanol Decomposition / A. Cross, A. Kumar, E.E. Wolf, A.S. Mukasyan // Ind. Eng. Chem. Res. 2012. Vol. 51. P. 12004−12008.
4. Magnetic Properties of Hematite Nanoparticles / F. Bodker, M. Hansen, C. Koch, K. Lefmann, S. Morup // Phys. Rev. B. 2000. Vol. 61. P. 6826−6838.
5. *Bodker F.* Size Dependence of the Properties of Hematite Nanoparticles / *F. Bodker, S. Morup* // Europhys. Lett. 2000. Vol. 52. P. 217−223.

УДК 621.74

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФЛЮСОВ NA_3ALF_6 И NA_2TIF_6 НА СИНТЕЗ КАРБИДА ТИТАНА В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ AL-10%TIC МЕТОДОМ СВС

А.Д. Рыбаков, Ю.В. Махонина, А.Р. Луц, А.П. Амосов

Научные руководители – А.Р. Луц, канд. техн. наук, доцент
А.П. Амосов, д-р физ.-мат. наук, профессор

Самарский государственный технический университет

Приводится феноменологический анализ влияния добавок рафинирующих флюсов Na_3AlF_6 и Na_2TiF_6 на синтез алюмоматричного композиционного сплава Al-10%TiC методом СВС.

Ключевые слова: *алюминий, карбид титана, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, шихта, флюс.*

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF INFLUENCE OF FLUXES Na_3AlF_6 AND Na_2TiF_6 ON THE SYNTHESIS OF TITANIUM CARBIDE IN THE COMPOSITION OF THE Al-10% TiC SYSTEM BY THE SHS METHOD

A.D. Rybakov, Yu.V. Makhonina, A.R. Luts, A.P.Amosov

Scientific Supervisors – A.R. Luts, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A.P. Amosov, Doctor of Physics and Mathematics, Professor

Samara State Technical University

A phenomenological analysis is given of the effect of additives of refining fluxes Na_3AlF_6 and Na_2TiF_6 on the synthesis of the aluminum-matrix composite alloy Al-10%TiC by the SHS method.

Key words: *aluminum, titanium carbide, self-propagating high-temperature synthesis, charge, flux.*

Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), открытый около в 1967 г. российскими учеными, занял прочное место среди современных химических и металлургических технологий. К

настоящему времени разработано несколько технологических вариантов СВС, которые позволяют получать неорганические соединения самых различных классов, как в виде индивидуальных соединений, так и сложных по составу. Несомненным и одним из главных преимуществ технологии СВС является возможность в широком диапазоне регулировать структуру и свойства синтезируемого материала путем варьирования состава шихты.

В течение последних лет кафедра «Металловедение, порошковая металлургия и наноматериалы» СамГТУ ведет работу по применению процесса СВС для получения литейных алюминиевых композиционных сплавов, упрочненных дисперсными частицами [1]. Предварительные исследования показали, что при введении СВС-смесей стехиометрического состава в расплав происходит объемный прогрев шихты, что позволяет осуществлять высокотемпературный синтез целевых фаз непосредственно в зоне введения шихты. Высокая температура в зоне экзотермической реакции обеспечивает высокие скорости образования керамических фаз. После завершения экзотермической реакции горения температура в зоне ввода резко снижается и происходит быстрая кристаллизация целевой фазы в виде большого количества мелких дисперсных частиц (средний размер $\leq$ 1 мкм). Локальные разогревы снижают вязкость расплава, повышают смачиваемость кристаллизующихся после прохождения реакции целевых фаз и, как следствие, увеличивают равномерность их распределения в расплаве при его перемешивании.

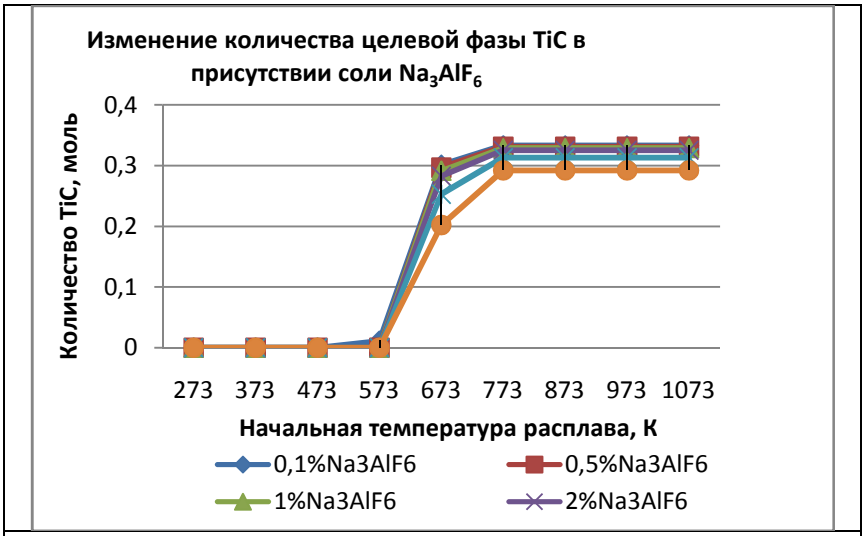
В результате проведенных работ была показана принципиальная возможность получения композиционного сплава Al-TiC при температурах от 800°C методом СВС. Новая технология получения композита, в отличие от известных аналогичных процессов, делает его экологически чистым. СВС проводится при более низкой температуре расплава, что делает процесс более технологичным и дешевым. Проведенные рентгенофазовый и микрорентгеноспектральный анализы полученного композиционного сплава показали удовлетворительный уровень усвоения синтезированной карбидной фазы [2]. Основным препятствием для внедрения технологии в производство является наличие остатков непрореагировавших остатков шихты в составе синтезированных образцов. Решением этой проблемы может стать введение в состав шихты флюсов Na_3AlF_6 и Na_2TiF_6, применяемых в традиционных литейных технологиях. Флюсы способны удалять оксидные пленки, покрывающие частицы порошковых компонентов шихты (титана, углерода), а также окислы алюминия в расплаве, и тем самым способствовать активизации СВС-реакции. С этой целью в данном исследовании были проведены термодинамические расчеты по влиянию количества данных флюсов (от 1 до 10% от массы шихты) на синтез целевой фазы TiC.

Для расчета термодинамических параметров использовался комплекс программ «THERMO», разработанный в Институте структурной макрокинетики РАН (г. Черноголовка) и основанный на минимизации термодинамического потенциала выбранной системы.

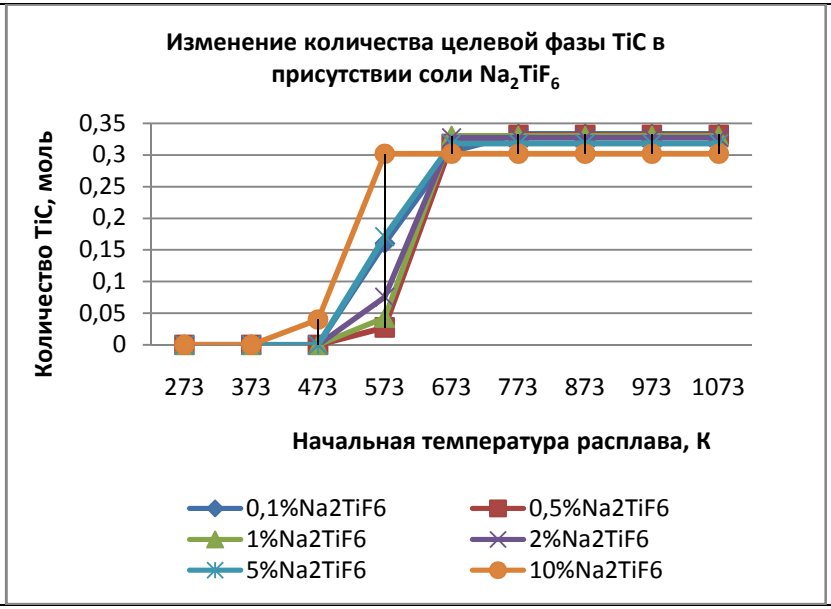
Анализ полученных графиков показывает (рис. 1), что, в предположении адиабатичности процесса, синтез карбида титана возможен в обоих системах уже при начальных температурах расплава от 573 К при наличии соли Na_3AlF_6 и от 473 К случае применения соли Na_2TiF_6. Особенно этот эффект очевиден в присутствии титансодержащей соли и при ее наибольшем количестве (10 % от массы шихты). Однако при данной концентрации солей снижается общее количество синтезированной фазы карбида титана (0,3016 моль в случае с солью Na_2TiF_6 и 0,292 моль с солью Na_3AlF_6).

Таким образом, по результатам термодинамического анализа очевидно, что предпочтительным является использование соли Na_2TiF_6 в количестве 1-5% от массы шихты.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проекту № 17-48-630695.



а



б

Рис. 1. Изменение количества карбида титана в присутствии флюсов: а - Na_3AlF_6 б - Na_2TiF_6

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Амосов А.П.* Применение процессов СВС для получения in situ алюмоматричных композиционных материалов, дискретно армированных наноразмерными частицами карбида титана: Обзор / А.П. Амосов, А.Р. Луц, Е.И. Латухин, А.А. Ермошкин // Известия вузов. Цветная металлургия, 2016. № 1. С. 39-49.

2. *Луц А.Р.* Самораспространяющийся высокотемпературный синтез высокодисперсной фазы карбида титана из смесей порошков в расплаве алюминия/ Луц, А.Р., Амосов А.П., Ермошкин А.А., Ермошкин А.А., Никитин К.В., Тимошкин И.Ю. // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2013. № 3. С. 28-35.

УДК 621.74 + 669.018

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СПЛАВА AL-5% CU-4% NI-10% TIC НА ЕГО СТРУКТУРУ

С.И. Шипилов, А.П. Амосов, А.Р. Луц, Е.И. Латухин

Научный руководитель – А.П. Амосов, д-р физ.-мат. наук, профессор

Самарский государственный технический университет

Показаны технологические возможности самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) при получении композиционных сплавов жидкофазными методами на алюминиевой основе. Установлено влияние различных способов ввода легирующих компонентов на структуру и свойства сплава.

***Ключевые слова**: алюмоматричные композиционные сплавы, жидкофазные методы получения, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, дискретная армирующая фаза, карбид титана, псевдолигатура, механическая активация*

EFFECT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF PREPARATION OF Al-5% Cu-4% Ni-10% TiC COMPOSITE ALLOY ON ITS STRUCTURE

S.I. Shipilov, A.P. Amosov, A.R. Luts, E.I. Latukhin

Scientific Supervisor –A.P. Amosov, Doctor of Physics and Mathematics, Professor

Samara State Technical University

Technological capabilities of self-propagating high-temperature synthesis (SHS) in the preparation of composite alloys by liquid-phase methods on an aluminum basis are shown. The effect of various methods of introducing alloying components on the structure and properties of the alloy was established.

***Keywords**: aluminum-matrix composite alloys, liquid-phase production methods, self-propagating high-temperature synthesis, discrete reinforcing phase, titanium carbide, pseudo-ligature, mechanical activation*

Получение новых материалов конструкционного и функционального назначения с высоким уровнем свойств является в настоящее время ключевой задачей в развитии таких отраслей, как автомобилестроение, аэрокосмическая и оборонная промышленность. В последнее время наблюдается повышение внимания исследователей к разработке и получению алюмоматричных композиционных сплавов с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Уже созданы сплавы, содержащие отдельно как интерметаллидные, так и керамические дисперсные фазы. Однако их сочетание в составе одного сплава могло бы дать существенно больший эффект. Целью данного исследования было поставлено изучение возможности получения композиционного сплава Al- 5% Cu- 4% Ni-10% TiC с применением метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [1].

С этой целью применялась технологическая схема, разработанная ранее на примере сплавов другого состава [2]. Первоначально расплав чистого алюминия марки А7 доводился до температуры 900 °С, далее вводилась порошковая медь марки ПМС-1, в виде навесок, завернутых в алюминиевую фольгу и подогретых до 350 °С. Затем по такой же схеме вводился порошок никеля марки ПНЭ-2. Заключительным этапом было введение экзотермической смеси титана марки ТПП-7 и углерода технического марки П-701 с добавлением соли 5 % от массы шихты соли Na_2TiF_6. Смесь заворачивалась в алюминиевую фольгу и вводилась в расплав, где происходил синтез фазы карбида титана; после выдержки 10 мин производилась заливка в форму.

Однако излом образца, полученного по данной технологии, получился сильно загрязненным непрореагировавшей шихтой, что является неблагоприятным фактором. Поэтому было предложено усовершенствовать методику приготовления расплава. Для приготовления сплава использовались псевдолигатуры.

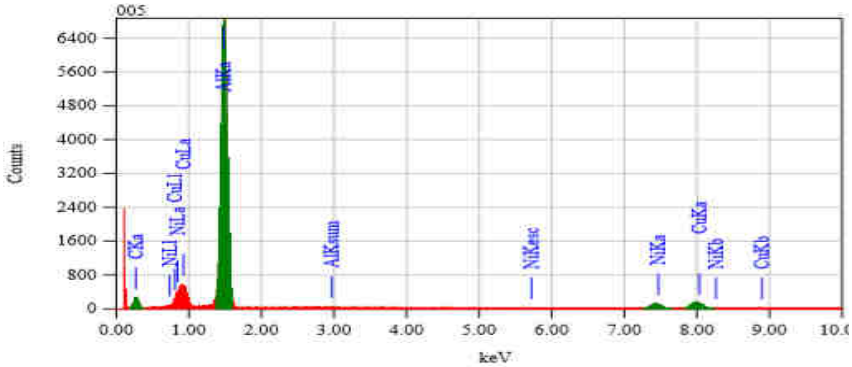
Псевдолигатура – это прессованный брикет из порошкообразных компонентов с обоснованной их концентрацией, используемый для легирования и модифицирования литейных сплавов.Псевдолигатуры для данного сплава смешивались в соотношении 1:1 Al:Cu, Al:Ni, в шаровой мельнице в течение 15 мин, далее производилась прессовка смеси в брикет. Введение в сплав производилось порционно по 25 % от заданного количества с интервалом в 5 мин и дальнейшей выдержкой 20 мин. для более полного усвоения.

Следующим этапом было составление экзотермической смеси, для этого подготавливался титан марки ТПП-7 и сажа марки П-701, для более полного инициирования реакции добавлялась соль Na_2TiF_6 в количестве 5 % от массы шихты. Смешивание производилось в течение 30 мин. в шаровой мельнице, далее прессовались два брикета. Введение в расплав

первого брикета и его синтез проводился в течение 5 мин, после чего вводился второй брикет, далее сплав перемешивался, выдерживался 15 мин. Заливка производилась в металлический кокиль при температуре 900 °С.

Излом получился чистый, непрореагировавшей шихты нет (рис. 1). Результаты микрорентгеноспектрального анализа и микроструктура сплава и представлены на рис. 2, 3.

Рис. 1. Излом образца Al-5%Cu-4%Ni-10%TiC



Thin Film Standardless Standard Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.6152

Element	(keV)	Mass%	Counts	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation
C K	0.277	8.97	1330.19	0.05	19.59			
Al K (Ref.)	1.486	76.20	39266.01	0.01	74.07			
Ni K	7.471	6.35	809.78	0.62	2.84			
Cu K	8.040	8.49	884.77	0.60	3.50			
Total		100.00			100.00			

Рис. 2. Результаты микрорентгеноспектрального анализа образца Al-5%Cu-4%Ni-10%TiC

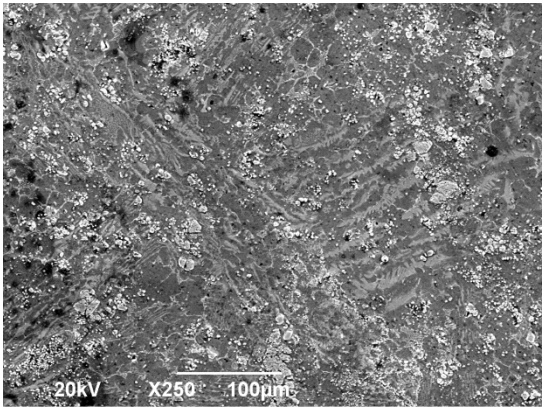


Рис. 3. Микроструктура образца Al-5%Cu-4%Ni-10%TiC

Таким образом, очевидно, что применение псевдолигатур, а также механическая активация и брикетирование экзотермической шихты позволяют увеличить полноту СВС-реакции, способствуют усвоению легирующих элементов и равномерному распределению дисперсных фаз по объему полученного сплава Al-5%Cu-4%Ni-10%TiC.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проекту №17 -48-630695/17

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Амосов А.П.* Научно-технические основы применения процессов СВС для создания литых алюмоматричных композиционных сплавов, дискретно армированных наноразмерными керамическими частицами / А.П. Амосов, В.И. Никитин, К.В. Никитин, С.А. Рязанов, А.А. Ермошкин // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2013, № 8. С.3-10.
2. *Амосов А.П.* Применение процессов СВС для получения in situ алюмоматричных композиционных материалов, дискретно армированных наноразмерными частицами карбида титана: Обзор / А.П. Амосов, А.Р. Луц, Е.И. Латухин, А.А. Ермошкин // Известия вузов. Цветная металлургия, 2016. №1. С. 39-49.

УДК 621.793

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БИОИНЕРТНЫХ ПОКРЫТИЙ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТОВ

Д.В. Сухов, С.Р. Шехтман

Научный руководитель – С.Р. Шехтман, д-р техн. наук, профессор

Уфимский государственный авиационный технический университет

Рассматривается повышение качеством вакуумно-плазменный покрытий для защиты поверхности стоматологических имплантатов от агрессивного воздействия. Описаны основные этапы технологии процесса вакуумного ионно-плазменного осаждения покрытий.

Ключевые слова: *управление качеством, вакуумное ионно-плазменное осаждение покрытий, стоматологический имплантант, ионная бомбардировка.*

INCREASE OF QUALITY OF BIOINERT COATINGS OF STOMATOLOGICAL IMPLANTS

D.V. Sukhov, S.R. Shechtman

Scientific Supervisor – S.R. Shechtman, Doctor of Technical Sciences, Professor

Ufa State Aviation Technical University

We consider the increase in the quality of vacuum-plasma coatings to protect the surface of dental implants from aggressive exposure. The main stages of the technology of the process of vacuum ion-plasma deposition of coatings are described.

Keywords: *quality management, vacuum ion-plasma deposition of coatings, dental implant, ion bombardment.*

В современной медицине нашли широкое использование изделия, взаимодействующие с биологическими и активными жидкостями, мягкими и твердыми тканями организма, выполненные из таких материалов, которые обладают определенными биологическими, физико-химическими, медико-техническими свойствами. То же самое относится к изделиям, используемым для ортопедической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Выбор имплантационного материала, его конст-

рукции, взаимодействия имплантируемой конструкции и ткани, используемого защитного покрытия зависит качество, надежность и работоспособность, а значит и комфорт, а также удобство пациента [1,3].

Одним из векторов исследований в области биомедицинских материалов и технологий является синтез новых материалов и покрытий с заданными характеристиками биосовместимости. То есть имплантируемый материал не должен вызывать иммунных реакций организма, сохранять требуемое качество, эксплуатационные характеристики и обеспечивать заданное функционирование изделий.

Одним из наиболее эффективных методов защиты имплантантов является нанесение вакуумно-плазменных покрытий, которые отличаются высокими механическими свойствами. В случае вакуумно-плазменного напыления покрытий на стоматологические имплантаты необходимо учитывать не только механические и физические, но и медико-биологические факторы, а также условия приживляемости имплантата.

В настоящее время для изготовления имплантатов широко применяют титан и его сплавы как материалы с приемлемыми для этих целей коррозионными и механическими свойствами. Но для лучшей адаптации организма человека к имплантату и значительного увеличения срока службы целесообразно создание на его поверхности биоактивных слоев, обладающих высокой совместимостью с костной тканью. Кроме того, материалы имплантатов должны иметь высокую твердость и прочность, обладать износо- и коррозионной стойкостью, высокой биосовместимостью и не должны быть токсичными.

Одним из решений проблемы повышения эксплуатационных свойств и долговечности имплантатов является синтез на их поверхности многослойных покрытий с многофункциональными свойствами. Известно, что покрытия на основе нитридов металлов достаточно широко используются в медицинской практике в качестве покрытий для имплантатов благодаря их высоким механическим, трибологическим и стойкостным свойствам.

Повышение качества биоинертных покрытий заключается в улучшении механических и функциональных свойств на стоматологических имплантатах на основе использования наноструктурированных многослойных покрытий и разработки технологий его напыления.

Покрытия могут быть получены различными методами, но наиболее перспективным является метод модификации поверхности и формирования многослойных покрытий вакуумной ионно-плазменной технологией. Применение в качестве технологического инструмента высокоэнергетичных ионных потоков позволяет направленным образом управлять составом, структурой, микрогеометрией, химическими и физическими свойствами покрытий [2, 4].

Наноструктурированные покрытия, получаемые осаждением из вакуумно-дугового разряда на установке ННВ 6.6–И1 характеризуются высокой адгезионной прочностью, износостойкостью и коррозионной стойкостью, прочностью и твердостью (рис. 1).

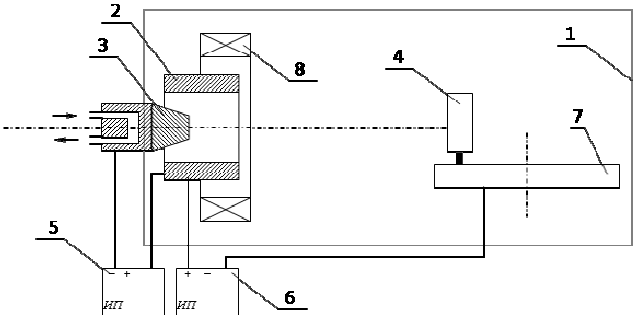


Рис. 1. Схема вакуумно-плазменной установки:
1- вакуумная камера; 2 - анод; 3 - охлаждаемый катод; 4 - изделие; 5 - источник питания электродугового ускорителя; 6 - источник питания опорного напряжения; 7 - стол; 8 - электромагнитная катушка

Формирование покрытия из плазмы вакуумно-дугового разряда является эффективным инструментом повышения эксплуатационных свойств деталей на финишном этапе обработки [5].

Технология, позволяющая формировать вакуумно-плазменные покрытия системы *Ti-TiN* реализуется в условиях модифицирования поверхности дополнительной ионной бомбардировкой или же в условиях плазменного ассистирования, основана на следующих процессах:

– несамостоятельный сильноточный диффузионный разряд (НСДР), бомбардируя поверхность мишени с использованием плазменного источника с накальным катодом «ПИНК» в среде *Ar*модифицирует подложку и очищает ее;
– модификация поверхности дополнительной ионной бомбардировкой«ПИНКом» в среде газа азота;
– осаждение ионов *Ti* на поверхность обрабатываемой детали для формирования переходного слоя, и последовательное осаждение слоев покрытий в среде реакционного газа.

Технология предусматривает проведение в одном технологическом цикле модификацию поверхности плазмой НСДР, предварительный нагрев подложки ионами металла катода, формирование покрытий. Эффективность вакуумной ионно-плазменной технологии определяет проведение основных технологических операций в едином операционном пространстве и в одном вакуумном цикле.

Очистка поверхности реализуется на начальном этапе технологического процесса ионами газа *Ar*(P=10^{-1} Па) при подаче отрицательного потенциала на обрабатываемую деталь. Предварительная очистка проводится так, чтобы внедрение ионов металлической плазмы не происходило, чтобы исключить привязывание микродуг, а кроме того снизить температуру предварительного нагрева.

Формирование многослойных наноструктурированных покрытий реализуется в процессе последовательного осаждения *Ti* и *TiN* из плазмы, генерируемой электродуговым источником. Осуществляется при плазменном ассистировании источника «ПИНК». Равномерность распределения слоев покрытий достигается равномерным планетарным вращением приспособлением с обрабатываемыми деталями относительно оси детали и вокруг оси стола. Обработанные детали охлаждаются вместе с вакуумной установкой в течение 60 минут.

Разработанная технология гарантирует получение качественных покрытий. Она позволяет получать защитные покрытия на стоматологических имплантатах, формируя на их поверхности качественные слои с определенной морфологией поверхности, адгезионными свойствами, которые максимально приближают материал имплантата по функциональным свойствам к биоинертным материалам с повышенными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биосовместимые покрытия для металлических имплантатов, получаемых лазерным напылением / С.С. Алимпиев, Е.Н. Антонов, В.Н. Баграташвили и др. // Стоматология, 1996. №5. С. 64-67.

2. Основы обеспечения качества металлических изделий с неорганическими покрытиями: Учеб. пособие для вузов / В.Ф. Безъязычный, В.Ю. Замятин, А.Ю. Замятин, Ю.П. Замятин. М.: Машиностроение, 2005. 608 с.

3. Юрьев В.Л.. Технико-экономическое обоснование инвестиций в техническое перевооружение авиадвигателестроительных предприятий / В.Л. Юрьев, С.В. Старочкина, Н.А. Сухова // Наука - производству Ежегодный научно-технический сб. Уфа, 2013. С. 15-24.

4.*Сухова Н.А*. Разработка основ проектирования организации производственных процессов // Экономическая безопасность: правовые, экономические, экологические аспекты: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2017. С. 252-255.

5. *Сухова Н.А*. Определение трудоемкости деталей новых изделий в условиях ограниченной информации / Н.А. Сухова, Д.В. Сухов // В сборнике: Управление экономикой: методы, модели, технологии. Материалы XV Международной научной конференции. В 2 томах. 2015. С. 196-201.

УДК 621.74

НАНЕСЕНИЕ ОБМАЗОК

Д. Байдельдинова, Е.А. Сидорина

Научный руководитель – Е.А. Сидорина, магистр техн. наук

Карагандинский государственный технический университет

Сущность лазерного легирования заключается в расплавлении участка поверхности металла вместе с добавляемыми легирующими элементами, предварительно нанесёнными на обрабатываемый участок, что позволяет в локальном объёме получить новый сплав с заданными свойствами.

Ключевые слова: *лазерное легирование, обмазки, плазменное напыление.*

APPLICATION LUBRICATION

D. Baideldinova, E.A. Sidorina

Scientific adviser – E.A. Sidorina, Master of Technical Sciences

Karaganda State Technical University

The essence of laser doping is to melt the metal surface area together with the added alloying elements previously applied to the treated area, which allows a new alloy with the specified properties

Keywords: *laser alloying, coating, plasma spraying*

При лазерном легировании перед воздействием лазерного излучения на поверхность изделия предварительно наносят легирующие элементы различными способами:

- накатывание фольги из легирующего элемента;
- электролитическое или химическое осаждение;
- плазменное напыление;
- ионная имплантация;
- многослойные покрытия из заданных компонентов электроискровым методом;

- удержание ферримагнитных легирующих элементов на матричной поверхности магнитным полем;
- детонационное нанесение легирующего состава;
- порошки или обмазки со связующим веществом.

Другая группа методов основана на подаче легирующего материала непосредственно в зону легирования в момент воздействия лазерного луча. В этом случае легирующие компоненты подаются в виде наплавочных проволок, прутков или порошка, вводимого струёй инертного газа.

Выше были перечислены методы введения легирующего материала в твёрдой фазе. Легирование неметаллами позволяет проводить лазерную обработку в газообразной или жидкой среде, однако легирование из жидкой и газовой фазы требует специальной оснастки, отличается сложностью технологического исполнения и не является экологически чистым.

Наиболее простой способ – это легирование из обмазок. В этом случае оказывается важным выбор связующего. При использовании в качестве связующих эпоксидных смол, синтетических клеящих веществ образуется большое количество сажи, которая выделяется во время действия лазерного импульса и экранирует поверхность. Лучшие результаты получены при применении жидкого стекла.

В работе рассматривался способ введения легирующих компонентов в упрочняемую поверхность с помощью обмазок. Структурная схема этого процесса представлена на рис. 1. Размеры легированной зоны зависят в основном от энергетических параметров излучения и толщины покрытия из легирующего материала. Как правило, легирование импульсным излучением обеспечивает меньшие размеры легированной зоны, чем при обработке непрерывным излучением. В частности, если при импульсной обработке глубина зоны достигает 0,3–0,7 мм, то применение непрерывного излучения мощных CO_2-лазеров позволяет увеличить глубину зоны до 3 мм.

Количество легирующей обмазки, наносимой на поверхность, также оказывает большое влияние на толщину легированной зоны. С учетом требований рационального использования легирующего материала, получения заданной толщины зоны лазерного легирования и концентрации легирующих элементов в ней установлено оптимальное количество легирующей обмазки, наносимой на поверхность: m = 22-30 мг/см^2.

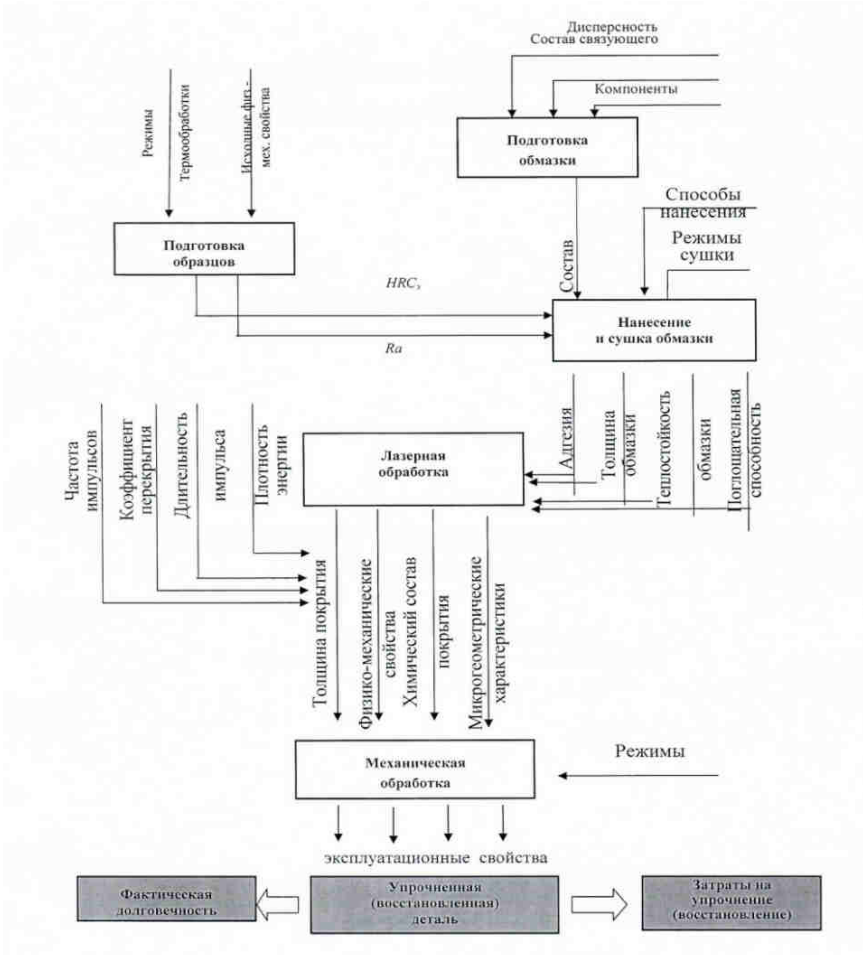


Рис. 1. Структурная схема процессов лазерной обработки диффузионных покрытий и лазерного легирования из обмазок

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Григорьянц А.Г.* Основы лазерной обработки материалов. М.: Машиностроение, 1989.

2. *Сэм М.Ф.* Лазеры и их применение // Соросовский Образовательный Журнал. 1996. № 6. С. 92-98.

УДК 669.14 : 535.14

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

А.А. Вяткина, Н.В. Косарева

Научный руководитель – Н.В. Косарева, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается метод поверхностной обработки металлов с использованием интенсивного потока лазерного излучения на локальный участок поверхности.

Ключевые слова: *лазер, поверхностная лазерная обработка, воздействие лазера на металл.*

THE FEATURES OF THE TECHNOLOGY OF HARDENING BY THE METHODS OF LASER EXPOSURE

A.A. Vyatkina, N.V. Kosareva

Scientific Supervisor - N.V. Kosareva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The method of surface treatment of metals with the use of intense laser radiation flow to the local surface area is considered.

Keywords: *laser, surface laser treatment, laser effect on metal.*

Лазеры - квантовые генераторы оптического диапазона, в основу работы которых положено усилие электромагнитных колебаний за счет индуцированного излучения атомов (молекул). Термическое упрочнение материалов и сплавов лазерным излучением основано на локальном нагреве участка поверхности под воздействием излучения и последующем охлаждении этого поверхностного участка со сверхкритической скоростью в результате теплоотвода теплоты во внутренние слои металла. При этом во время нагрева и время охлаждения незначительных, практически отсутствуют выдержка при температуре нагрева. Эти условия обеспечивают высокие скорости нагрева и охлаждения обрабатываемых поверхностных участков. Метод основан на тепловом воздействии светового

луча высокой энергии на поверхность обрабатываемой заготовки. Источником светового излучения является лазер - оптический квантовый генератор (ОКГ). Для механической обработки используют твердотелые ОКГ, рабочим элементом которых является рубиновый стержень, состоящий из окиси алюминия, активированного 0,05% Cr. Поверхностное упрочнение металлических деталей – перспективный технологический процесс, открывающий целый ряд новых возможностей для повышения эксплуатационных характеристик деталей машин ,инструментов .

Лазерная обработка применяется для закалки стальных поверхностей, высокоскоростного отжига фольги, удаления пленок и других поверхностных осаждений, а также внедрения порошкового материала в металлическую поверхность .Образование тонкого твердого поверхностного слоя у стали путем ее подогрева и последующего быстрого охлаждения играет важную роль во многих технологических операциях. Обрабатываемыми деталями могут быть зубчатые колеса, шпоночные канавки, зубчатые муфты, распределительные валы, концы пальцев толкателя ,ножи различных машин. Лазерная поверхностная обработка вызывает улучшение многих эксплуатационных характеристик облученных материалов. Если лазерная обработка относится к локальным методам термической обработки поверхностей металлов и сплавов с использованием высококонцентрированных источников энергии , то лазерный луч как источник нагрева имеет черты ,свойственные всем другим высококонцентрированным источникам ,однако обладает рядом существенных особенностей и преимуществ:

- высокая концентрация и локальность подводимой энергии позволяет проводить обработку исключительно тонкого поверхностного слоя материала без нагрева остального объема и изменения его структуры и свойств ,что практически исключает коробление деталей;

- высокая концентрация подводимой энергии позволяет проводить нагрев и охлаждение поверхностного слоя материала с большими скоростями при незначительном времени воздействия. В результате получают особые структуры и свойства обрабатываемой поверхности;

- возможность регулирования параметров лазерной обработки в широком интервале позволяет целенаправленно формировать структуру поверхностного слоя, его физико-механические свойства, шероховатость, а также геометрические размеры обработанных участков;

- возможность обработки на воздухе ,автоматизация процессов ,а также отсутствие вредных отходов определяют высокую технологичность лазерных технологий.

При лазерной закалке на этапе нагрева материала происходит формирование аустенитной структуры, которая при охлаждении превращается в мартенсит. Особенностью при этом является отсутствие вы-

держки при постоянной температуре ,необходимой для осуществления объемной термической обработки ,так как при достижении ее максимального значения следует немедленное охлаждение за счет отвода теплоты во внутренние слои металла. Наибольшую опасность ,с точки зрения возникновения глубинного усталостного разрушения упрочненного лазером материала, представляют граница слоя, его переходная зона или сердцевина материала. Кроме того, опасными зонами материала являются участки лазерными дорожками или образованные их перекрытием при сплошной обработке поверхности. Лазерные источники света обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с другими источниками света:

1. Лазеры способны создавать пучки света с очень малым углом расхождения.

2. Свет лазера обладает исключительной монохроматичностью. В отличие от обычных источников света, атомы которых излучают свет независимо друг от друга, в лазерах атомы излучают свет согласованно. Поэтому фаза волны не испытывает нерегулярных измерений.

3. Лазеры являются самыми мощными источниками света. В узком интервале спектра кратковременно (в течение промежутка времени продолжительностью порядка 10-13 с) у некоторых типов лазеров достигается мощность излучения 1017 Вт/см^2.

Лазерная поверхностная обработка вызывает улучшение многих эксплуатационных характеристик облученных материалов. Непрерывное излучение позволяет производить обработку с высокой производительностью поверхностей больших размеров. Технология лазерной наплавки дает возможность восстанавливать изношенные детали автомобильной, дорожно-строительной, судовой, горнодобывающей, энергетической техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вейко В.П.* Введение в лазерные технологии / В.П. Вейко, А.А. Петров. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. 143 с.
2. *Голубев В.С.* Физические основы технологических лазеров. 1987. 191 с.

УДК 669.162.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО-МАССООБМЕНА В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

П.И. Бажанов, З.К. Кабаков

Научный руководитель – З.К. Кабаков, д-р техн. наук, профессор

Череповецкий государственный университет

Обоснована актуальность исследования переходных режимов в верхней части доменной печи при изменении технологических параметров. Сформулирована математическая модель динамики тепло – массообменных процессов. Приведены результаты исследования влияния скачков технологических параметров на степень восстановления оксидов железа в железорудном материале.

Ключевые слова: *доменная печь, теплообмен, массообмен, восстановление, математическая модель, переходный процесс.*

SIMULATION OF TRANSIENT PROCESSES OF HEAT-PROCESSES IN THE UPPER PART OF THE BLAST FURNACE

P.I. Bazhanov, Z.K. Kabakov

Scientific Supervisor – Z.K. Kabakov, Doctor of Technical Sciences, Professor

Cherepovets State University

The relevance of the study of transient conditions in the upper part of the blast furnace when changing process parameters. A mathematical model is formulated for the dynamics of heat and mass transfer processes. The results of research of influence of jumps of technological parameters on degree of restoration of oxides of iron in iron-ore material are resulted.

Keywords: *blast furnace, heat exchange, mass transfer, recovery, mathematical model, transient process.*

В верхней части доменной печи изменение технологических параметров вызывает переходные процессы тепломассообмена, в частности температуры шихты, газа, концентрации восстановителя в газе и степени восстановления оксидов железа в железорудной части шихтовых материалов. От изменения выходных параметров существенно зависит ход и

показатели эффективности доменной плавки [1]. Представляет практический интерес оценить влияние изменение технологических параметров на показатели восстановления.

В связи с этим в данной работе создана математическая модель динамики тепло-массообменных процессов в верхней части доменной печи. За основу была взята стационарная модель теплообмена и восстановления в шахтной печи [2]. Математическое описание динамики процесса включает следующие уравнения[3]:

1. Уравнение теплопереноса с шихтой по высоте слоя во времени:

$$c_M \cdot \rho_M \cdot (1-\psi) \cdot \left(\frac{\partial T_M}{\partial t} + V_м \cdot \frac{\partial T_M}{\partial z}\right) = \alpha_v \cdot (T_г - T_м) + f_q, \qquad ((1)$$

где c_M– теплоемкость шихты, Дж/(кг·°С);ρ_M– истинная плотность шихты, кг/м^3; ψ– порозность слоя, доли ед.,$T_M(T_Г)$– температура шихты (газа), °С;t – текущее время, с;$V_м$– скорость опускания шихты, м/с; z – координата, отсчитываемая от нижнего края верхней части печи, м;α_v – объемный коэффициент теплоотдачи в слое[4], Вт/(м^3·град);f_q– источник теплоты реакции восстановления, Вт/м^3.

2. Уравнение теплопереноса с газом по высоте слоя во времени:

$$c_Г \cdot \rho_Г \cdot \left(\frac{\partial T_Г}{\partial t} + V_г \cdot \frac{\partial T_г}{\partial z}\right) = -\alpha_v \cdot (T_г - T_м), \qquad ((2)$$

где $c_Г$ – теплоемкость газа, Дж/(кг·°С);$\rho_Г$ – плотность газа, кг/м^3;$V_г$ – скорость газа, м/с.

3. Уравнение переноса восстановителя с газом по высоте слоя во времени:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V_г \frac{\partial C}{\partial z} = f_{co}, \qquad ((3)$$

где C – текущая концентрация COв газе-восстановителе, объемные доли ед.; f_{co}– функция стока CO на реакцию восстановления, 1/с.

4. Уравнение изменения степени восстановителя оксидов железа по высоте слоя во времени:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + V_M \frac{\partial \varphi}{\partial z} = f_\varphi, \qquad ((4)$$

где φ – степень восстановления оксидов железа, доли ед., f_φ– функция источника степени восстановления, 1/с.

Функции источников в уравнениях (1), (3), (4) имеют вид [3]:

$f_{CO} = -k_{\Sigma} \cdot \left[C \cdot \left(1+\bar{k}\right) - \bar{k} \cdot \Sigma\right] \cdot f$ – затраты CO на реакцию восстановления;

$f_q = f_{CO} \cdot \rho_{Г} \cdot \dfrac{M_O}{M_{CO}} \cdot q_0$ – источник теплоты реакции восстановления;

$f_{\varphi} = f_{CO} \cdot \rho_{Г} \cdot \dfrac{M_O}{M_{CO} \cdot m_0^{нач}}$ – функция источника степени восстановления,

где M_O – молярная масса кислорода, кг/моль; M_{CO} – молярная масса CO, кг/моль; q_0 – тепловой эффект реакции восстановления, Дж/кг кислорода; k_{Σ} – суммарный коэффициент массопередачи в слое, м/с;

$\bar{k}$ – равновесное соотношение CO/CO_2; Σ – сумма концентрации CO + CO_2, объемные доли ед.; f – площадь поверхности кусков агломерата в единице объема слоя м^2/м^3; $m_0^{нач}$ – начальная масса кислорода в оксидах железа в единице объема слоя, кг/м^3.

Система уравнений (1) – (4) решена методом конечных разностей. Алгоритм запрограммирован на алгоритмическом языке Паскаль. Выполнено тестирование путем сравнения результатов моделирования с точным решением, приведенных в работе [4].Установлено оптимальное количество узлов, при котором погрешность результатов моделирования не превзойдет 1%.

Модель применили для исследования влияния изменений технологических параметров на физико-химические процессы в верхней части доменной печи.

В доменном процессе одним из основных параметров является степень восстановления оксидов железа в железорудном материале [2]. В связи с этим исследовали влияние резкого изменения скорости движения газа, температуры газа, скорости опускания слоя шихты и фракции шихтовых материалов на степень восстановления оксидов железа. Результаты исследования этих скачков на степень восстановления оксидов железа приведены на рис. 1. Полученный характер кривых (см. рис. 1) изменения степени восстановления оксидов железа при различных скачках указанных технологических параметров согласуется с известными закономерностями [1].

Таким образом, разработана и использована математическая модель для исследования динамики переходных процессов тепломассообмена в верхней части доменной печи. Получены первые результаты исследования влияния изменения технологических параметров на степень восстановления оксидов железа в железорудном материале.

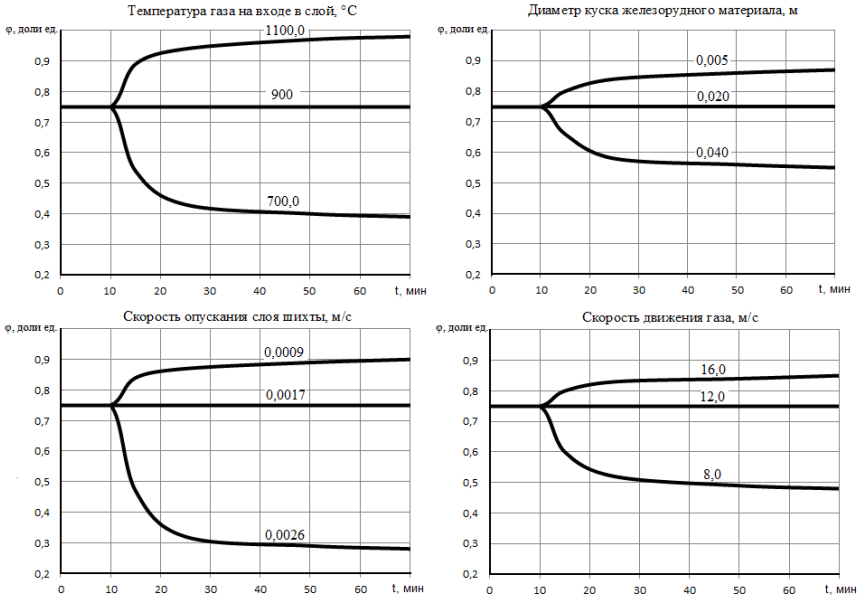


Рис. 1. Динамика изменения степени восстановления оксидов железа в верхней части доменной печи при различных скачках технологических параметров

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Овчинников Ю.Н.* Нестационарные процессы и повышение эффективности доменной плавки: учебник для вузов / Ю.Н. Овчинников, В.И. Мойкин, Н.А. Спирин. Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение, 1980. 120 с.
2. *Боковиков Б.А.* О взаимосвязи теплообмена и восстановления в шахтной печи / Б.А. Боковиков, В.В. Червоткин // Сб. научных трудов ВНИИМТ. М.: Металлургия, 1969. № 16. С. 90–98.
3. *Кабаков З.К.* Математическая модель процесса нагрева слоя засыпи шихты в доменной печи З.К. Кабаков, Л.Д. Хинский, П.И.Бажанов // Научно-технический прогресс в черной металлургии. 2017. Череповец: Череповецкий гос. ун-т, 2017. № 3. С. 103-109.
4. *Китаев Б.И.* Теплообмен в доменной печи: учебник для вузов / Б.И. Китаев, Ю.Г. Ярошенко, Б.Л. Лазарев. Москва: Металлургия, 1966. 357 с.

УДК 621.6

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МАРОК СТАЛЕЙ В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М.С. Басалаева, В.А. Иванова

Научный руководитель – В.А. Иванова, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технологический университет

В статье рассматривается обоснование и выбор альтернативных марок сталей.

Ключевые слова: *марки сталей, нефтепереработка, клапаны.*

JUSTIFICATION AND CHOICE OF ALTERNATIVE STEEL GRADES IN THE OIL REFINING INDUSTRY

M.S. Basalaeva, V.A. Ivanova

Scientific Supervisor - V.A. Ivanova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl state technological university

The article discusses the rationale and choice of alternative steel grades.

Keywords*: grades of steel, oil refining, valves.*

В нефтяной промышленности в основном применяются коррозионностойкие (нержавеющие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой), коррозии под напряжением и др. [1].

Целью данной работы является выбор отечественных марок сталей для производства запорной арматуры в качестве альтернативных зарубежным маркам. В ходе достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

1) Рассмотрены виды оборудования нефтяной промышленности.

2) Выявлены особенности применения сталей в нефтяной промышленности, а также определены их свойства.

В цепочке производственных процессов от добычи сырья из недр до поставки потребителю конечного продукта участвует множество сложных и опасных технических устройств, от безаварийной работы которых зависит вся энергетическая отрасль. В их числе запорно-регулирующая аппаратура, относящаяся к объектам сбора и подготовки к транспортированию нефти и газа [2].

Марка материала для изготовления деталей запорной арматуры зависит от условий эксплуатации — давления, температуры продуктов нефтепереработки —: и физико-химических свойств среды. Запорную арматуру из цветных металлов следует применять только тогда, когда по условиям эксплуатации чугунная и стальная арматура непригодна (например, при перекачивании сред с температурой ниже—40 °С) [3].

При выборе арматуры для нефтеперерабатывающих заводов основном применяют задвижки, особенно при диаметре трубопровода более 50 мм.

Задвижки отличаются малым гидравлическим сопротивлением и допускают движение среды в обоих направлениях.

Вентили применяют для трубопроводов диаметром до 50мм; более крупные вентили используют тогда, когда движение среды происходит только в одном направлении и не вызывает больших гидравлических сопротивлений. Специальные вентили применяют для ручного дроссельного давления (например, редукционный вентиль на установках термического крекинга). При температуре среды в трубопроводе выше 200 °С, а также на трубопроводах для газов, бензинов и токсичных жидкостей арматура должна быть только стальной.

В связи с этим был проведен анализ отечественных и зарубежных марок сталей клапанов, применяющихся в нефтепромышленности в таблице 1.

Таким образом, проведенный анализ показал, что для обеспечения импортзамещения при производстве запорной арматуры рекомендуется применять следующие отечественные марки сталей: 12Х18Н12М3ТЛ ГОСТ977-88, 10Х17Н13М2Т ГОСТ 5949-75.

Таблица 1. Анализ марок сталей (фрагмент)

Марка - отечественная сталь	Механические и эксплуатационные свойства			Аналог - зарубежная сталь	Механические и эксплуатационные св-ва		
	$t_{эксп}$, °С	$\sigma_в$, МПа	Устойчивость к агрессивным средам		$t_{эксп}$, °С	$\sigma_в$, МПа	Устойчивость к агрессивным средам
12Х18Н12М3ТЛ ГОСТ977-88	до +800	441	Устойчива к средам повышенной агрессивности	Нержавеющая сталь CF8M, (США, ASTMA351)	-30 +425	485	Устойчива к агрессивным средам
				Нержавеющая сталь GX5CrNiMoNb 19-11-2 (Германия, DINEN 1.45811)	-100 +400	440	Устойчива к агрессивным средам
				Нержавеющая сталь SCS20 (Япония, JIS)	-100 +400	390	Устойчива к агрессивным средам
10Х17Н13М2Т ГОСТ 5949-75	до +600	520	Устойчива к средам повышенной агрессивности	Нержавеющая сталь 316SS (США, AISI)	-200 +425	515	Устойчива к агрессивным средам
				Нержавеющая сталь X6CrNiMoTi17-12-2 (Германия, DIN)	-200 +450	490	Устойчива к агрессивным средам
				Нержавеющая сталь SUS 316 Ti (Япония, JIS)	-200 +450	500	Устойчива к агрессивным средам

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Батиенков В.* Материаловедение / В. Батиенков, Г. Сеферов, А. Фоменко. М.: Инфра-М , 2013. 160 с.

2. Власов, В.А. Сварочные и наплавочные материалы для нефтяной и газовой промышленности / В.А. Власов. М.: ООО «Бёлер Велдинг, 2011. 28 с.

3. *Дальский А.М.* Технология конструкционных материалов: учеб. / А.М. Дальский [и др.]. М.: Машиностроение, 2004. 512 с.

УДК 621.313.04.002.2:621.74

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОТЛИВКИ В КОКИЛЕ С РАСПЛАВЛЯЕМОЙ ОБЛИЦОВКОЙ И ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА

А.А. Талов, В.А. Алов

Научный руководитель – В.А. Алов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются основы формирования полой цилиндрической отливки в кокиле с расплавляемой облицовкой и характерные особенности теплопереноса

Ключевые слова: *Кокиль, отливка, алюмоалитирование.*

FORMATION OF A HOLLOW CYLINDRICAL CASTING IN A MOLD WITH A FUSED LINING AND CHARACTERISTIC FEATURES OF HEAT TRANSFER

A.A. Talov, V.A. Alov

Scientific Supervisor – V.A. Alov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The fundamentals of the formation of a hollow cylindrical cast in a mold with a fused lining and the characteristic features of heat transfer

Keywords: *Chill casting, casting, alumo-casting.*

С целью эффективного использования КРО для изготовления отливок с заданными свойствами необходимо рассмотреть процесс формирования отливки в КРО и характерные особенности теплопереноса, возникающего в кокиле [1].

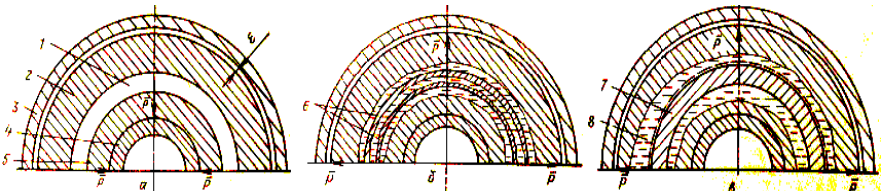


Рис. 1. Схема формирования полой цилиндрической тонкостенной отливки в кокиле с расплавляемой облицовкой:
а – положение перед заливкой чугуна; б – положение в начале кристаллизации чугуна; в – положение после кристаллизации чугуна

Кокиль с расплавляемой облицовкой можно рассматривать как двухслойный (рис. 1), состоящий из основного металла (стали или чугуна) и литой вставки (облицовка) из алюминиевого сплава, которая соприкасается с отливкой и формирует её поверхность.

Перед заливкой чугуна (рис. 1, б) в кокиль через дождевую литниковую систему в момент его соприкосновения с облицовкой 2 и кокилем 3 существует зазор ε, образованный вследствие сплава облицовки 2. На стержень 4 действуют сжимающие усилия Р от внутренней облицовки 5, возникшие также вследствие усадки сплава, поэтому зазор между облицовкой 5 и стержнем 4 отсутствует.

При заливке чугуна (рис. 1, б) в кокиль через дождевую литниковую систему в момент его соприкосновения с облицовкой (вследствие высокой теплопроводности алюминиевого сплава) начинается кристаллизация чугуна с образованием корок 6, толщина которых увеличивается к центру отливки. Из-за высоких скоростей охлаждения кристаллизующегося чугуна в нижней торцевой части возможен отбел, но с подъёмом уровня чугуна и, соответственно, повышением температуры нагрева облицовок глубина отбела резко снижается. Заполняемость тонких и протяженных полостей кокиля при этом улучшается.

С повышением температуры на рабочих поверхностях слоях облицовки начинается подплавление и создаются условия для протекания экзотермической реакции в полости соприкосновения жидкого чугуна с поверхностью облицовки кокиля:

$$Fe_2O_3+2Al \rightarrow Al_2O_3+2Fe+Q \text{ (Дж)}$$

Выделяющаяся при этом теплота способствует улучшению заполняемости кокиля чугуном и уменьшению отбела.

Данный процесс основан на диффузии алюминия в кристаллическую решетку окисла, замещения железа алюминием и выделения железа

в виде самостоятельной металлической фазы [2]. Образование чистого железа на поверхности отливки способствует повышению условий алюмоалитирования.

Увеличение объёма облицовки 2 вследствие её нагрева и подплавления приводит к уменьшению зазора ε. По этой же причине сжимающие усилия облицовки 5, действующие на стержень 4, уменьшаются. Однако дальнейшее перемещение облицовки 5 сдерживается формирующейся отливкой.

При усадке чугунной корки (рис. 1, в) образующийся зазор между облицовкой 2 и отливкой 7 под действием увеличивающегося объёма облицовки 2 заполняется жидким алюминием с разрывом пленки 8 оксида алюминия. При этом алюмоалитирование наружной поверхности отливки происходит уже непосредственно в кокиле. На внутренней поверхности отливки зазора нет и пленка оксида алюминия плотно прижата к стержню 4, поэтому направление интенсивного отвода теплоты от кристаллизирующего чугуна будет проходить через облицовку 5 и стержень 4. Отсюда следует, что условия алюмоалитирования внутренней поверхности отливки и время кристаллизации чугунов будут зависеть от степени охлаждения стержня 4. Чем интенсивнее отвод теплоты, тем медленнее идет подплавление рабочей поверхности облицовки 5 и прочнее оксидная пленка, т.е. алюмоалитирования на внутренней полости отливки 7 в кокиле может не происходить. Чем медленнее отвод теплоты, тем интенсивнее идет подплавление облицовки 5 со стороны отливки 7.

Из приведенной схемы (см. рис. 1) следует, что облицовка 5 может выполнятся по высоте без литейного уклона или с минимальным условием за счёт усадки ее толщины, т.е. между моделью, формирующей полость 2, и облицовкой 5 образуется зазор, дающий возможность беспрепятственно извлекать модель со стороны облицовки 5.

С целью повышения качества отливок рекомендуется использовать креолит [3]. При введении креолита в виде дисперсной смеси на поверхность раздела облицовки – жидкий чугун происходит растворение пленок оксида алюминия с образованием ионных комплексных соединений, например:

$$2Al_2O_3 + 2Na_3AlF_6 \rightarrow 6Na^+ + 3Al_2O_2F_4^{2-}$$

Вследствие интенсификации протекания экзотермической реакции улучшается заполняемость полостей кокиля расплавом и уменьшается шероховатость поверхности отливки (до R_z по ГОСТ 2789-73).

Таким образом, характерными особенностями теплопереноса, происходящего при формировании отливок КРО, являются:

- наличие практически идеального контакта между поверхностями отливки и облицовки;

- образование подплавленного слоя на облицовке при заливке и кристаллизации чугуна;

- существование газового зазора между наружной облицовкой и плитами кокиля, изменяющегося в процессе формирования отливки;

- отсутствие газового зазора между внутренней облицовкой и стержнем кокиля.

Эти особенности следует учитывать при изготовлении качественных отливок в КРО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алов В.А.* Формирование полой цилиндрической тонкостенной отливки в кокиле с расплавляемой облицовкой / В.А. Алов, С.П. Кожемякин. Ярославль, 1987. 5 с. Деп. во ВНИИТМЭР 15.07.87 № 285 мш-87 Деп.

2. *Лякишев Н.П.* Алюминотермия / Н.П. Лякишев, Ю.Л. Плишер, Г.Ф. Игнатенко. М.: Металлургия, 1978. 424 с.

3. А.с. 1291280 СССР, МКИ В 22 Д 15/10.

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ДИСЦИПЛИНЫ»

УДК 521.921

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧАЮЩЕГО СРЕДСТВА В КОЛЛЕДЖЕ

А.М. Ахмадбеков, С.И. Моднов

Научный руководитель – С.И. Моднов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается структура и содержание электронного учебника для студентов учреждений среднего профессионального образования по дисциплине «Техническая механика».

***Ключевые слова**: электронное обучающее средство, среднее профессиональное образование, профессиональные компетенции.*

EXPERIENCE OF APPLICATION OF E-LEARNING TOOLS IN COLLEGE

A.M. Achmadbekov, S.I. Modnov

Scientific Supervisor – S.I. Modnov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The structure and content of the electronic textbook for students of institutions of secondary vocational education on the discipline "Technical mechanics" is considered.

***Key words**: e-learning tool, vocational education, professional competence.*

В настоящее время в библиотеках учебных заведений среднего профессионального образования литература по специальным дисциплинам либо устарела, либо находится в ветхом состоянии. Имеющиеся

учебники и учебные пособия последних лет издания представлены в небольших количествах и не обеспечивают ими всех желающих [1, 2]. Такая ситуация развивается в условиях сокращения лекционных часов и, одновременно, ужесточения требований к усвоению профессиональных компетенций. Изучать же учебный материал в процессе самостоятельной работы студентам приходится по учебникам. Поэтому создание электронного обучающего средства сейчас крайне актуально [3]. Электронным обучающим средством легко обеспечить любого желающего, оно является доступным для использования практически на любом компьютере.

Основными задачами создания электронного обучающего средства по технической механике являются систематизация и оптимизация содержания учебной дисциплины, повышение эффективности и качества технических знаний, оказание студентам помощи в изучении предмета. В итоге достигается цель по эффективному планированию и организации самостоятельной работы и контроля знаний студентов колледжа.

Электронное обучающее средство по технической механике создано в среде Microsoft Office Power Point 2003. Простой интерфейс позволяет пользователю воспользоваться учебником, не прибегая к помощи инструктора. Обучающее средство наряду с текстом содержит также графические, фото и видео материалы для обеспечения большей наглядности. Разработанный авторами электронный образовательный ресурс, предлагаемый студентам колледжа, соответствует образовательной программе, базируется на современном представлении о методическом оснащении сложного для восприятия учебного материала, обеспечивает такие важные составляющие образовательного процесса, как предоставление информации в адаптированном для студентов виде, использование средств текущего и окончательного контроля знаний.

Обучающее средство состоит из шести глав. В главе «Статика» рассматриваются основные понятия и аксиомы, виды сил и реакций. В главе «Кинематика» изучаются поступательное и вращательное движения твердого тела, глава «Динамика» посвящена изучению основных законов движения в зависимости от действующих на тела сил. Далее в главе «Сопротивление материалов» рассматриваются различные виды нагруженного состояния конструкций и их элементов. Затем в учебнике дается краткое описание видов, назначения и устройства типовых деталей машин, а в последней главе излагаются основные положения принципов стандартизации и основ взаимозаменяемости.

Каждая глава заканчивается перечнем вопросов для контроля усвоения учебного материала.

Учебник по технической механике в электронной версии увеличивает доступность учебного материала во времени и пространстве, пре-

доставляет студенту возможность повторения материала в удобном для него месте и темпе, в удобное время. Использование мультимедийных технологий при создании электронного учебника делает контент ресурса более наглядным, понятным для пользователя, позволяет задействовать большинство механизмов восприятия студентом новой информации. В результате формирование основных профессиональных компетенций происходит более эффективно. Опыт применения электронного учебника в Ярославском автомеханическом колледже в обучении студентов специальности «Технология машиностроения» свидетельствует о том, что сочетание подачи учебного материала как традиционными, так и инновационными методическими средствами, повышает интерес обучающихся к предлагаемому материалу. Учебник легко может быть встроен в учебный процесс, он повышает эффективность учебного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Опарин И.С.* Основы технической механики: учебник для нач. проф. образования / И.С. Опарин. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 144 с.
2. *Вереина Л.И.* Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. 7-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 352 с.
3. Техническая механика. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: учеб. программа дисциплины / Сост.: П.Н. Сильченко, А.В. Колотов, М.А. Мерко и др. Электрон. дан. (1 Мб). Красноярск: ИПК СФУ, 2008. (Техническая механика: УМКД № 353-2007 / рук. творч. коллектива П. Н. Сильченко). 1 электрон. опт. диск (DVD).

УДК 517.925

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

А.К. Шайдуллаева, С.И. Моднов

Научный руководитель – С.И. Моднов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается организации и проведения всероссийского этапа олимпиады для студентов среднего профессионального образования специальности Технология машиностроения.

***Ключевые слова**: Всероссийская олимпиада, среднее профессиональное образование, профессиональные компетенции.*

ORGANIZATION AND CONDUCTING OF REGIONAL STAGE OF ALL-RUSSIAN OLYMPIAD ON TECHNOLOGY OF MECHANICAL ENGINEERING

A.K. Shaydullaeva, S.I. Modnov

Scientific Supervisor – S.I. Modnov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article examines the organization and holding of the all-Russian stage of the Olympiad for students of secondary vocational education majoring in mechanical engineering.

***Keywords**: all-Russian stage of the Olympiad, secondary vocational education, professional competence.*

В настоящее время перед профессиональным образованием стоит проблема подготовки квалифицированного специалиста, да и просто человека, соответствующего новой культуре - культуре информационной, которой соответствуют такие черты как гибкость, подвижность мышле-

ния, диалогичность, толерантность и тесная коммуникация на всех уровнях, интегрированный характер.

Современный студент должен быть готов к решению проблемных ситуаций, к овладению деятельностью, направленной на развитие творческих способностей и познавательных интересов с учетом своих психологических особенностей. Поэтому существует необходимость проведения в ходе учебного процесса различных конкурсов исследовательских и творческих работ по различным направлениям науки, техники, культуры, предметных олимпиад, фестивалей, научно-практических конференций, главными целями которых являются: повышение общей культуры; содействие повышению образовательного уровня, выявлению одаренных студентов. Использование в работе с обучающимися интеллектуальных марафонов и олимпиад, конкурсов, викторин создаёт атмосферу творческого поиска, повышает уровень знаний и познавательной активности.

Всероссийская олимпиада проводится с целью формирования и развития у студентов профессиональных образовательных организаций интеллектуальных и творческих способностей и интереса к выбранной профессии, повышения качества профессионального образования специалистов среднего звена, дальнейшего совершенствования их профессиональной компетентности, реализации творческого потенциала обучающихся, повышения мотивации и творческой активности педагогических работников в рамках наставничества обучающихся.

Всероссийская олимпиада включает в себя профильные направления. Профильное направление – это укрупненная группа специальностей среднего профессионального образования (далее – УГС СПО).

Всероссийская олимпиада по каждому профильному направлению проводится в 3 этапа:

I этап – начальный – проводится на уровне профессиональных образовательных организаций и образовательных организаций высшего образования, при условии реализации в них одной или нескольких программ подготовки специалистов среднего звена укрупненной группы специальностей, внесенной в перечень профильных направлений Всероссийской олимпиады;

II этап – региональный – проводится на уровне субъекта Российской Федерации;

III этап – заключительный – проводится на всероссийском уровне.

Каждый этап Всероссийской олимпиады по профильному направлению включает в себя выполнение профессионального комплексного задания, нацеленного на демонстрацию знаний, умений, опыта в соответствии с видами профессиональной деятельности. Содержание и уровень сложности профессионального комплексного задания должно соответствовать федеральным государственным образовательным стандартам

среднего профессионального образования с учётом основных положений профессиональных стандартов и требований работодателей к уровню подготовки специалистов среднего звена.

Профильное направление Всероссийской олимпиады включает одну или несколько специальностей УГС СПО. Все этапы Всероссийской олимпиады по каждому профильному направлению проводятся образовательными организациями, которые выступают в качестве организаторов этапа (далее – организаторы этапа).

В 2018 году Региональный этап Всероссийской олимпиады профессионального мастерства обучающихся по профильному направлению подготовки Технология Машиностроение состоится на базе ГПОУ Ярославской области «Ярославский автомеханический колледж».

Участниками олимпиады станут студенты профессиональных образовательных организаций Ярославской области: ГПОУ ЯО «Ярославский автомеханический колледж», ФГБОУ ВО «РГАТУ имени П.А. Соловьева» (Авиационный колледж).

Олимпиада предусматривает теоретическую и профессиональную части. Комплексное задание I уровня состоит из теоретических вопросов, объединенных в тестовое задание, и практических задач. Комплексное задание II уровня: разработка технической документации (чертежа/модели/ в CAD программах, карт маршрутной, операционной эскизов; схем, дефектной ведомости) по изготовлению, восстановлению, или ремонту деталей, узлов, средств автоматизации в соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСТД.

Для подготовки и проведения олимпиады в техникуме приказом директора создается оргкомитет, состоящий из заместителя директора по учебной деятельности, заместителя директора по научно-методической деятельности, председателей предметных(цикловых) комиссий.

Оргкомитет олимпиады рассматривает и утверждает основные организационно-методические вопросы проведения олимпиады, формирует состав жюри олимпиады, определяет место и время проведения олимпиады, обобщает и анализирует итоги олимпиады, представляет отчет об итогах олимпиады, а также обобщает опыт проведения предметных олимпиад.

Для оценки качества выполнения олимпиадных заданий создается жюри. Состав жюри формируется из преподавателей, ведущих соответствующую учебную дисциплину или профессиональный модуль, председателя предметной (цикловой) комиссии. Жюри олимпиады проводит проверку и оценку олимпиадных работ, производит разбор выполненных заданий с участниками и преподавателями дисциплины, знакомит участников олимпиады с результатами работ, определяет победителей олимпиады по дисциплине, вырабатывает предложения по проведению олим-

пиады и отчитывается перед оргкомитетом по итогам заключительного этапа олимпиады.

Оргкомитет совместно с жюри определяет победителей и распределяет призовые места.

Победителем регионального этапа Всероссийской олимпиады становится участник, набравший наибольшее количество баллов. При равенстве показателей предпочтение отдаётся участнику, имеющему лучшую оценку выполнения профессионального задания. По итогам регионального этапа Всероссийской олимпиады победитель и призёры, занявшие 1, 2 и 3 место награждаются дипломами департамента образования Ярославской области I, II, III степени и медалями.

Победитель регионального этапа Всероссийской олимпиады по программам подготовки специалистов среднего звена «Технология машиностроения» направляется на Всероссийскую олимпиаду профессионального мастерства обучающихся по профессиям и специальностям среднего профессионального образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. Об образовании в Российской Федерации [Электронный ресурс]: федер. Закон Рос. Федерации от 29.12.2012 N 273-ФЗ [ред. 25.11.2013]. Режим доступа : Консультант Плюс. Законодательство.

2. Российская Федерация. Законы. Регламент организации и проведения Всероссийских олимпиад профессионального мастерства обучающихся учреждений среднего профессионального образования [Электронный ресурс]: федер. Закон Рос. Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ [ред. 25.07.2014]. Режим доступа: Консультант Плюс. Законодательство.

УДК 371

ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ДЕЛОВЫХ, ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ (ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «В ДЕЛЕ»)

А.В. Быстрова

Научный руководитель – В.Ф. Шевчук, д-р пед. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается проектная деятельность школьников при формировании деловых предпринимательских навыков в образовательном проекте «В деле»

***Ключевые слова**: образовательный проект «В деле», проектная деятельность школьников*

ENTREPRENEURIAL ACTIVITY OF SCHOOLCHILDREN IN THE FORMATION OF BUSINESS ENTREPRENEURIAL SKILLS (EDUCATIONAL PROJECT " IN BUSINESS")

A.V. Bystrova

Scientific Supervisor – V.F. Shevchuk, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The project activity of pupils at formation of business entrepreneurial skills in the educational project "in business" is considered"

***Keywords:** Educational project "in business", The project activity of schoolchildren*

Образовательный проект «В деле» направлен на развитие у школьников предпринимательских и лидерских качеств. Перед запуском проекта был проведен анализ рынка конкурентов в сфере оказания образовательных и иных услуг, направленных на формирование у обучающихся определенных навыков (лидерских, коммуникативных, предпри-

нимательских и др.). Определены положительные и отрицательные стороны конкурентов. Определена собственная стратегия проекта. Проведена декомпозиция целей, определены промежуточные и итоговые результаты проекта. Участниками проекта являются учащиеся 8 и 9 классов. С родителями школьников был подписан договор на оказание образовательных услуг и соглашение об использовании персональных данных их детей. Для сопровождения участников проекта приглашены эксперты - предприниматели гг. Ярославля и Москвы. Занятия с участниками проекта проводятся дважды в неделю: одно занятие посвящено решению задач в бизнес-проекте с помощью инструментов ТРИЗ, второе – выступлению эксперта соответствующего профиля. Важно отметить, что комфортной обстановке, формированию уважительных, доверительных отношений с преподавателем способствует еженедельный отчет участников проекта о результатах их работы, об их достижениях за неделю. Еженедельно школьники заполняют анкету-опросник по проекту со следующими вопросами: что нравится, что не нравится на занятиях, какие действия учителя они считают неправильными, ставят себе и учителю отметку по 10 - балльной шкале. Для общения с участниками и экспертами проекта созданы «чаты».

Основная задача экспертов и автора проекта – научить и дать возможность детям довести с использованием эффективных инструментов их идею до готового «продукта». Все знания, которые получают участники проекта на каждом занятии, имеют практическую направленность.

По окончании курса участники проекта на последнем занятии презентуют свой продукт – изобретение, с детальным описанием, а эксперты выбирают один бизнес-проект и помогают реализовать его.

Ниже в таблице представлено соотнесение целей и результатов занятий с участниками проекта.

Цели проведения образовательного проекта «В Деле»	Результаты
1.Сформировать у участников проекта навыки применения Образовательный проект по ТРИЗ на практике; инструменты ТРИЗ применяются участниками в своем бизнес-проекте	На каждом занятии по ТРИЗ участники вносят изменения в свой продукт, формируют портрет потребителя, улучшают качество своего продукта, согласно оператору ИКР
2.Умение применять учениками на практике разные методы решения задач (технологию «мозгового штурма», метод фокальных объектов, метод случайных ассоциаций и др.)	На занятиях № 4, 5, 6, 9 обучающиеся вместе с преподавателем решают задачи по технологии «мозгового штурма»,метода фокальных объектов, анализа S-кривой, причинно-следственного анализа и др.
3.Сформировать навыки перевода проблемы в задачу на основе заданного алгоритма	На занятии 5 участники приносят отчет о проделанной работе по переводу мы, существующей в их проекте, в задачу, определяют условия, исходные данные, неизвестные переменные, пошагово

	вают процесс перехода из проблемы в задачу
4.Обучить детей структурировать задачу, определять исходные данные, анализировать условия на предмет их применимости для решения задачи	На занятии 3 каждый ученик рассматривает задачи, предложенные преподавателем, определяют исходные данные, условия, исходные данные, неизвестные переменные
5.Научить детей критически мыслить, привить обучающимся навык выделения положительных и отрицательных сторон явлений, процессов, изобретений, решений, с учетом собственных интересов и интересов общества	На занятии 6 ученики представляют отчет об анализе ситуации, процесса, явления, изобретения с точки зрения определения положительных и одновременно отрицательных сторон, с выявлением пользы и вреда для себя, своей команды, семьи, общества
6.Обучить взаимодействию с людьми, профилактика конфликтности, преодоление барьеров в общении, развитие коммуникабельности, улучшение психологического климата в школе	На 4, 6, 8, 10, 11 занятиях ученики принимают участие в работе разных команд проекта, с последующим проведением анализа работы команды в целом, определением своей роли в команде, субъективной оценкой личного вклада в деятельность команды
7.Обучающиеся по итогу окончания курса представляют свой бизнес-проект	На 12 занятии проекта каждый ученик презентует свой продукт с детальным описанием изобретения с учетом критериев новизны, целесообразности, оригинальности с установленным преподавателем ограничением времени
8. Научить участников проекта выступать публично, проводить презентацию своего проекта, выступать перед инвесторами	Участники проекта на4 занятии представят бизнес-презентацию своего проекта, на 11 занятии представят свой проект инвесторам, потенциальным потребителям

Оценивание степени сформированности умений и навыков проектной и исследовательской деятельности важно для учителя, работающего над формированием соответствующей компетентности у обучающегося. При оценке успешности обучающегося в проекте или исследования необходимо понимать, что самой значимой оценкой для него является общественное признание состоятельности (успешности, результативности). Положительной оценки достоин любой уровень достигнутых результатов.

В рамках образовательного проекта «В деле», созданного при поддержке Бизнес-инкубатора Ярославской области, участники получают все возможные инструменты для реализации своих проектов. На протяжении трех месяцев, двадцати четырех практических занятий с экспертами проекта, домашних заданий участники получили знания по запуску и реализации своих проектов, повышению качеств своего продукта.

Независимо от победителя все участники смогут запустить свои проекты с помощью экспертов, а также поедут в Фонд развития иннова-

ционного центра «Сколково», получат возможность бесплатно пройти курсы у тренеров проекта «В деле».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Леонтович А.В.* Проектирование исследовательской деятельности учащихся: Дис... канд. психол. наук. М., 2003. С. 135.
2. *Лямин В.В.* Организация проектной деятельности в образовательном пространстве школы (гуманитарный цикл): Научно-методическое пособие / В.В. Лямин, А.В. Шумакова / Под ред. профессора Л.Л. Редько. Ставрополь, 2005. С. 15.
3. *Сарафанова О.В.* Проектная деятельность школьников при изучении монографической темы: Автореф. дисс. к. пед. н. М., 2010. С. 14.

УДК 037.68

ПРОГРАММА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕСТОВ И ОНЛАЙН ТЕСТИРОВАНИЯ INDIGO

А.А. Кутузова, А.Н. Исаев

Научный руководитель – А.Н. Исаев, канд. пед. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматриваются возможности и преимущества системы тестирования INDIGO. Показываются проблемы, решаемые с помощью использования данного программного продукта.

***Ключевые слова**: тестирование, создание тестов и тестовых заданий, система тестирования INDIGO.*

THE PROGRAM FOR CREATING TESTS AND ONLINE TESTING

A.A. Kutuzova, A.N. Isaev

Scientific Supervisor – A.N. Isaev, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper discusses the features and benefits of system testing INDIGO. The problems seem to be solved with the use of the software product.

***Keywords**: testing, creation of tests and test tasks, system testing INDIGO.*

Вопросы качества образования, контроль и управление им становится всё более актуальным в деятельности учебных заведений. Во-первых, это обусловлено появлением новых специальностей в связи с требованием рынка, быстро меняющимися учебными программами и планами. Во-вторых, необходимостью реализации образовательных стандартов, целями аттестации и аккредитации.

Один из распространенных способов контроля – тестирование. Тестирование в сфере образования – это способ выявления и объективной оценки уровня подготовки студентов по тем или иным учебным дисциплинам или образовательным программам. В процессе тестирования

студентам предлагается самостоятельно выполнить некоторый набор специфических заданий, называемых тестовыми. По результатам их выполнения судят об уровне (качестве) подготовки студентов – каждого в отдельности или их группы. Очевидно, выполнение тестовых заданий представляет собой интеллектуальную деятельность, протекающую в регламентированных и контролируемых условиях.

Компьютерное тестирование знаний учащихся – один из вариантов реализации педагогического тестирования, традиционно рассматриваемого как форма измерения знаний учащихся, основанная на применении педагогических тестов. При выборе программы учитывается множество факторов. В основном преподаватели ориентируются на многофункциональные программы, которые при этом не требуют дополнительного прохождения обучающих курсов для работы с ними.

Рассматриваемая система тестирования INDIGO удовлетворяет этим условиям.Она позволяет решать широкий круг задач - тестирование и контроль знаний учащихся, определение профессионального уровня сотрудников, проведение психологического тестирования, проведение опросов, организация олимпиад и конкурсов [2].

Работа в системе INDIGO является удобной как для преподавателей, так и для обучающихся, впервые работающих с программой: все необходимые панели задач, команды и кнопки расположены в интерфейсе программы так, что их несложно найти.

Система предусматривает три режима тестирования: контроль знаний, обучающий и опрос. С помощью режимов достигаются различные цели [1].

В программном продукте можно создавать как отдельные тесты, так и группу тестов. Тестможет иметь разветвлённую структуруи содержать группы вопросов, которые, в свою очередь,содержат подгруппы. Применение такой системы формирования тестов позволяет достаточно гибко подходить к настройкам каждого элемента. Например, можно настроить шкалу для каждого раздела индивидуально.

Для оценки знаний применяется несколько видов тестовых вопросов: с выбором одного ответа, с выбором нескольких вариантов ответа, ввод ответа с клавиатуры, установка соответствия, расстановка в нужном порядке. При выборе задания с вводом ответа с клавиатуры выбирается один из подтипов: числовой ввод – сравнение с эталоном или определение принадлежности заданному диапазону, текстовый ввод – сравнение с эталоном либо проверка соответствия Perl-совместимому выражению, эссе – развернутый ответ, который далее проверяется преподавателем. Такое количество вариантов позволяет гибко комбинировать виды заданий [3].

Система тестирования позволяет предоставлять информацию не только в текстовом виде. Имеется возможность добавить в тест обычные и анимированные GIF-изображения, видео- и аудиофайлы, таблицы, произвольные HTML и JavaScript-коды, файлы-вложения для скачивания. Большое разнообразие используемых вложений даёт возможность создать тестовые задания различной сложности.

В INDIGO гибкие возможности задания шкал результатов. Шкалы результатов служат для определения результатов тестирования. Каждая шкала включает в себя функцию шкалы (формулу) и деления шкалы (диапазон результатов).Например, для шкалы «Оценка» можно задать диапазон баллов и результат («неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). Самыми востребованными являются шкалы «Оценка» и «Балл».

Также присутствует импорт и экспорт информации, вывод бумажной версии теста. Бумажная версия теста позволяет его использовать в тех случаях, когда нет компьютеров с установленным программным обеспечением или тестирование проводится в необорудованном компьютерами помещении.

Тестирование может осуществляться через web-браузер (GoogleChrome, MozillaFirefox, Opera, InternetExplorer, Safari и др.) как на стационарных компьютерах, так и на мобильных устройствах. Это позволяет осуществлять тестирование в любом месте и в любое время при наличии доступа в сеть Internet.

Таким образом, компьютерная системаINDIGO соответствует требованиям образовательных организаций и выполняет множество задач, связанных с усвоением, проверкой знаний у учащихся, не вызывая при этом сложностей при разработке тестов и их использовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Дубинин А.А.* Сравнительный анализ систем тестирования INDIGO и TestMaker [Электронный ресурс] // Центр научного сотрудничества "Интерактив плюс": [сайт]. URL: https://interactive-plus.ru/ru/article/461442/discuss.. (дата обращения: 25.02.2018).

2. Программа для создания тестов и онлайн тестирования: [сайт]. URL: http://indigotech.ru/

3. *Щапов А.Н.* Рейтинг и тесты в системе оценки знаний студентов: учебно-метод. пособие / А.Н. Щапов, Г.А. Урванцева. 2-е изд., перераб. и доп. Ярославль: Яросл. гос. мед. академия, 2002. 60 с.

УДК 037.68

ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОСОБИЙ (УЧЕБНИКОВ)

Е.В. Матвеева, Н.О. Герасимова

Научный руководитель – Н.О. Герасимова,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматривается организация учебного процесса с помощью электронных пособий. Показываются преимущества и возможности использования электронных учебников.

***Ключевые слова**: образование, электронное пособие, электронное обучение.*

THE ORGANIZATION OF EDUCATIONAL PROCESS WITH THE USE OF E-MANUAL (TEXTBOOKS)

E.V. Matveeva, N.O. Gerasimova

Scientific Supervisor – N.O. Gerasimova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The paper discusses the organization of the educational process with the help of electronic manuals. Shows the advantages and possibilities of using e-textbooks.

***Keywords**: education, e-manual, e-learning.*

Большинство текстовой информации, с которой работает человек в современном мире, хранится в цифровом формате - в формате электронного документа.

Электронное обучение (англ. e-learning) становится в нашей стране все более популярным. Во многих образовательных организациях практикуется ведение электронных журналов, электронное тестирование, учащимися используются планшеты.

Общепринятыми методами по улучшению восприятия текста человеком, являются методы его разделения на логические единицы и акцентирование в нем ключевой информации. Улучшенное и более удобное представление цифрового документа в таком виде называется электронное пособие (учебник). Электронное пособие (учебник) – это компьютерная программа, имеющая набор средств для удобной навигации и поиска по своему содержимому.

Организация учебного процесса с помощью электронных пособий позволяет компактно представить большой объем учебной информации в четко структурированной и последовательно организованной форме, что дает возможность усилить визуальное восприятие и облегчает усвоение учебного материала.

В таком случае, электронное пособие представляет собой программу комплексного назначения, обеспечивающей непрерывность и полноту дидактического процесса обучения, предоставляющей теоретический материал, обеспечивающий тренировочную учебную деятельность и контроль уровня знаний, а также информационно – поисковую функцию.

Тесты, встроенные в электронные пособия позволяют контролировать усвоение обучающимися учебного материала, но и к тому же позволяют облегчить работу преподавателя.

Применение электронного учебника в учебном процессе может повлиять на:

- повышение целенаправленности;
- усиление мотивации;
- повышение информативной емкости учебного содержания;
- активизацию учебно-познавательной деятельности обучаемых;
- ускорение темпа учебных действий.

Как показывает анализ, большинство студентов прекрасно осознают необходимость применения компьютера в своей профессиональной деятельности. Эффект познания усиливается, если учебные задачи, решаемые в рамках информационных технологий обучения, связаны с практической деятельностью будущего специалиста или представляют интерес в его сегодняшней учебной работе. Например, мною в выпускной квалификационной работе были использованы принципы электронного обучения с целью разработки фрагмента электронного учебника по дисциплине «Психология управления коллективом», в котором присутствуют как лекционный курс, так и практические занятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев В.Н. Электронная книга: новое средство социальной коммуникации / В.Н. Агеев. М.: Мир книги, 1997. 230 с.

2. Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / И. Г. Захарова. М.: Академия, 2003. 192 с.

3. Организация учебного процесса с помощью электронных пособий [Электронный ресурс] // Социальная сеть работников образования «Наша сеть»: [сайт]. URL: https://nsportal.ru/shkola/raznoe/library/2015/01/21/organizatsiya.. (дата обращения: 27.02.2018).

УДК 37.022

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРЕИМУЩЕСТВА ОПОРНОГО КОНСПЕКТА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

А.С. Смирнова, Н.О. Герасимова

Научный руководитель – Н.О. Герасимова,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматриваются назначение опорного конспекта и основные преимущества его использования в процессе обучения.

***Ключевые слова**: конспект, процесс обучения, учебно-методическое обеспечение*

APPOINTMENT AND BENEFITS OF THE SUPPORT CONCEPT IN THE TRAINING PROCESS

Scientific Supervisor – N.O. Gerasimova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The paper discusses the purpose of the reference note and the main advantages of its use in the learning process.

***Keywords**: abstract, process of teaching, teaching and methodological support*

Совершенствование технологий обучения, поиск и применение новых форм учебно-методического обеспечения учебного процесса является одной из важнейших составляющих развития высшей школы с учетом современных требований к качеству подготовки специалистов. Среди различных приемов решения проблемы качества учебно-методической деятельности педагога можно выделить разработку и использование опорного конспекта.

Методика разработки и применения опорного конспекта впервые предложена педагогом-новатором В. Ф. Шаталовым. Опорный сигнал по Шаталову – это «ассоциативный символ, который заменяет некое смысловое значение; он способен мгновенно восстановить в памяти известную и ранее понятую информацию». Под опорным конспектом понимается «системный набор опорных сигналов, структурно связанных между собой и представляющих собой наглядную конструкцию, замещающую систему значений, понятий, идей как взаимосвязанных элементов».

Назначение опорного конспекта заключается в следующем:

-наглядное представление учебного материала в целом и по частям;

-понимание структуры изучаемого материала;

-выделение главного, основного в излагаемом материале;

-комплексное представление изучаемого материала при его повторении;

-развитие творческих способностей.

Средствами выражения информации в опорных конспектах являются: рисунки, схемы, графики, буквы, цифры, слова, условные знаки, цвет, форма и др. Данная технология подразумевает субъект-субъектные отношения: вместе со студентами совершенствуется и преподаватель, который применяет разные типы опорных конспектов в целях лучшего усвоения учащимися ЗУНов.

В рамках выпускной квалификационной работы разрабатываются опорные конспекты по дисциплине «Методика воспитательной работы» которые позволят:

-освободить студентов от утомительного механического записывания лекции под диктовку лектора;

-лектору оставить больше времени на диалог с аудиторией;

-получить студентам больший объема словесной и визуальной информации;

-проявить активное участие студентам в процессе обучения через дискуссию и решение заданий опорного конспекта;

-контролировать процесс и качество усвоения студентами нового знания;

- использовать схемы и коды для упрощения сложных разделов, понятий, концепции изучаемых дисциплин;

-сократить затраты времени на изучение материала и увеличить объем времени на практическую и аналитическую работу;

-приучить студентов практически использовать современные технологии интенсификации учебного процесса;

-приучить студентов к самостоятельной работе, научить выделять главное, сжимать текст, составлять опорные конспекты по изученным темам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Калмыкова Н. В., Петряева С. Ф. Опорный конспект как один из способов представления учебной информации // Молодой ученый. — 2015. — №11.1. — С. 53-58. —URL https://moluch.ru/archive/91/19341/ (дата обращения: 26.02.2018).

УДК 378.147

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ТВОРЧЕСТВО ПЕДАГОГА

Е.И. Шаркова, Н.О. Герасимова

Научный руководитель – Н.О. Герасимова,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматриваются проблема профессионального творчества, причины его формирования и способы развития в педагогической деятельности.

***Ключевые слова**: педагогическое творчество, профессиональное творчество, уровни творчества*

PROFESSIONAL CREATIVITY OF THE TEACHER

Scientific Supervisor – N.O. Gerasimova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The paper discusses the problem of professional creativity, the reason for its formation and ways of development in pedagogical activity.

***Keywords**: pedagogical creativity, professional creativity, levels of creativity.*

В современных исследованиях вся педагогическая деятельность рассматривается как одна из разновидностей творчества, а утверждение о том, что она является творческой по своей природе, стало общепринятым. В данной работе мы раскроем проблему профессионального творчества и рассмотрим причины его формирования и способы развития в педагогической деятельности.

В настоящее время в научной литературе педагогическое творчество понимается как процесс решения педагогических задач в меняющихся обстоятельствах. Обращаясь к решению множества типовых и нестандартных задач, педагог, так же как и любой исследователь, строит свою деятельность в соответствии с общими правилами эвристического поиска: анализом ситуации, проектированием результата в соответствии с исходными данными; анализом имеющихся средств, необходимых для проверки предположения и достижения искомого результата; оценкой полученных данных; формулировкой новых задач [2].

Несмотря на множество подходов, положений и выводов по данной проблеме, в педагогической науке признается неизменным то, что

педагогический труд нетворческим не бывает, т.к. неповторимы обучаемые, обстоятельства, личность самого педагога, и любое педагогическое решение должно исходить из этих, всегда нестандартных факторов.

В деятельности педагога творчество характеризуется разными уровнями. В.А. Кан-Калик, Н.Д. Никандров выделяют несколько уровней педагогического творчества от элементарного взаимодействия с классом «по шаблону» до высшего уровня творчества, при котором педагог виртуозно владеет готовыми приёмами и применяет собственные, на основе исследований [2]. Неопытные преподаватели имеют первый уровень педагогического творчества, из-за чего в начале профессиональной деятельности имеют сложности с решением нестандартных задач, анализом эффективности принимаемых решений и т.д.

Опыт творческой деятельности не вносит принципиально новых знаний и умений в содержание профессиональной подготовки учителя. Но это не означает, что научить творчеству нельзя. Можно − при обеспечении постоянной интеллектуальной активности педагога и специфической творческой познавательной мотивации, которая выступает регулирующим фактором процессов решения педагогических задач.

В рамках выпускной квалификационной работы разрабатывается дидактическое обеспечение по дисциплине «профессиональное творчество», которое включает в себя разработку лекций, различных дидактических игр, нетиповых задач для педагогов. Это могут быть задачи на перенос знаний и умений в новую ситуацию, на выявление новых проблем в типичных ситуациях, на выделение новых функций, методов и приемов, и на комбинирование новых способов деятельности из известных. Использование данных дидактических средств обучения позволит развить творческий потенциал будущих преподавателей, повысить их начальный уровень профессионального творчества, а понимание творческой природы педагогической деятельности создает у педагогов установку на внедрение нового в педагогический процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Богоявленская Д.Б.* Интеллектуальная активность как проблема творчества. М.: Из-во РГУ, 1983. 167 с.
2. *Кан-Калик В.А.* Педагогическое творчество / В.А. Кан-Калик, Н.Д. Никандоров. М. Педагогика, 1990. (Б-ка учителя и воспитателя). 144 с.
3. *Сластенин В.А.* Педагогика: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В.А. Сластенин, И.Ф. Исаев, Е.Н. Шиянов; под ред. В.А. Сластенина. М.: Академия, 2002. 576 с.

УДК 61:37:681.142

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА КУРСАНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ

Д.Н. Смертин, Е.Г. Аккуратов

Научный руководитель – Е.Г. Аккуратов, д-р биол. наук, преподаватель

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

В современных условиях вузовского образования возрастает роль самостоятельной работы курсантов. Формирование у обучающихся познавательной активности, которая проявляется в желании и умении самостоятельно овладевать знаниями и методами исследовательской работы. На основе свободно доступных интернет публикаций проводится анализ современного состояния и перспектив развития электронных учебников. На конкретных примерах показано преимущество использования электронных учебников.

Ключевые слова: *Цифровые технологии, электронные учебники, электронные учебные издания, самостоятельное обучение.*

INDEPENDENT WORK CADETS USING MODERN ELECTRONIC RESOURCE

D.E. Smertin, E.G. Akkuratov

Scientific Supervisor – E.G. Akkuratov, Doctor of Biological Sciences, Teacher

Yaroslavl Higher Military Institute of the Air Defense

In modern conditions of high school education the role of independent work of cadets increases. The formation of cognitive activity among learners, which manifests itself in the desire and ability to master the knowledge and methods of research work independently. On the basis of freely available Internet publications, an analysis is made of the current state and prospects for the development of electronic textbooks. On specific examples, the advantage of using electronic textbooks is shown.

Keywords: *Digital technologies, electronic textbooks, electronic educational publications, independent learning.*

В течение последнего десятилетия использование ЭУ в учебном процессе является предметом активного обсуждения, а его целесообразность, в общем, никем особенно не оспаривается. Многие страны разработали в этом направлении специальные программы. Например, Южной Кореей в 2011 г. принята государственная программа внедрения ЭУ, согласно которой к 2015 г. все учащиеся, начиная с первого класса, должны были перейти на ЭУ. Семь лет минуло, однако за это время в образовательной сфере никакой «электронной» революции в Корее так и не произошло. В одном из блогов, где обсуждался вопрос, сами корейцы пишут, что понадобятся еще многие годы, чтобы дигитализация системы образования обрела какие-то реальные черты.

Углубленный анализ проблемы показывает, что основной причиной провала реформы явился чрезмерно упрощенный подход к решению поставленных задач. Неверными оказались два принципиальных положения. Во-первых, что за счет перехода на ЭУ будет получена большая экономия средств и, во-вторых, то, что новое поколение учащихся, рожденное уже в компьютерную эпоху (так называемое поколение Y), «на ура» воспримет предлагаемые новшества. Уже в ходе реализации проектов перехода на ЭУ исполнители столкнулись с неожиданными и серьезными трудностями. Выяснилось, что создание ЭУ – это не просто оцифровка печатного. Принципы построения печатного и ЭУ существенно различны [1, с. 11].

В настоящее время не существует оптимального электронного устройства-носителя ЭУ. Оба альтернативных друг другу технологических подхода, а именно 1:1 (one-to-one (каждому по одному), каждому учащемуся учебное заведение выдает персональный носитель ЭУ) и BOYD (bringyourowndevice (принести собственное устройство), каждый учащийся загружает ЭУ в свое собственное устройство), при массовом использовании осуществить не так просто и дешево. «Поколение Y», упоминавшийся выше, с современными информационными технологиями «на ты» только в сфере общения и развлечения, и совершенно не готово к их использованию для систематического приобретения серьезных знаний. Только 12,8% студентов американских вузов предпочитают ЭУ печатному. Как это ни покажется странным, еще большие трудности с использованием ЭУ у преподавателей. Иногда непреодолимые препятствия создаются копирайтным правом [2, с. 15]. И это только некоторые проблемы, связанные с осуществлением проекта ЭУ [3, с. 8].

В настоящее время ведутся интенсивные исследования в попытке придать новый импульс развития ЭУ [4, с. 325]. В связи с этим отметим работы двух исследовательских групп. Первая из них – это коллектив японских специалистов, предлагающих симбиоз Интернета и свободно

доступного единого электронного учебника в виде обучающей платформы под замысловатым названием «Творческий подход к высшему образованию с объектами изучения» (A creative higher education with learning objects (CHiLO)) в формате EPUB3.

Вторая группа – это множество разработчиков в КНР, занятых в государственной программе дигитализации образования «Электронный портфель» (E-schoolbag). Особенностью данного проекта является не только объединение электронного учебника с интернет-ресурсами, но и обеспечение простого доступа к ассоциатированным с обучением службами, например, библиотечной системе или принтинга в единой укладке.

Новые средства обучения меняют его методы, способствуют появлению новых педагогических подходов [5, с. 232]. Одной из таких новых тенденций в организации образования является смещение дизайна образовательного процесса с традиционной ригидной структуры класса, ориентированной на выполнение единого учебного задания под руководством учителя, к персонализированному обучению.

В плане рассматриваемой темы интересна инициатива Министерства обороны США, предпринятая в 2015 г. в целях стимулирования электронного чтения. Отдельные виды вооруженных сил участвуют в данном проекте по разным направлениям. ВМФ и ВВС взяли курс на создание на подводных лодках, авианосцах, авиабазах за рубежом и других автономно действующих объектах, полноценных электронных библиотек служебной и художественной литературы. Основную роль в развитии этого направления взял на себя Объединенный комитет начальников штабов вооруженных сил США. Опираясь на рекомендации ведущих образовательных и научно-исследовательских заведений ВМФ, таких как Военно-морская академия, Военный колледж ВМФ, Военно-морское училище постдипломного образования и др., объединенный комитет издает оперативный бюллетень с рекомендательным списком изданий, в т.ч. и только что вышедших, по отдельным темам. Рекомендуемые книги сразу транслируются в войсковые библиотеки и доступны бесплатно.

Из вышеизложенного следует, что создание ЭУ, несмотря на многолетнюю историю, находится еще на ранней стадии, а бюрократические попытки форсировать этот процесс обречены на дорогостоящие провалы. Требуется кропотливая и осмотрительная работа в режиме научно-практического эксперимента, чтобы ЭУ внесли свой достойный вклад в прогресс образования, просвещения и культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аккуратов Е.Г.* Информационно-поисковая система Paperchase [Текст] / Е.Г. Аккуратов Ярославская государственная медицинская академия. Ярославль, 2006. 24 с. С. 23-24. Деп. в ВИНИТИ 04.12.2006, № 1502-В 2006.

2. *Аккуратов Е.Г.* Работа с медицинскими электронными базами данных. Ч.1. [Текст] / Е.Г. Аккуратов; Ярославская государственная медицинская академия. Ярославль, 2006. 23 с. С. 22-23. Деп. в ВИНИТИ 04.12.2006, № 1503-В2006.
3. *Аккуратов Е.Г.* Работа с медицинскими электронными базами данных. Ч.2. [Текст] / Е.Г. Аккуратов; Ярославская государственная медицинская академия. Ярославль, 2006. 24 с. С. 23-24. Деп. в ВИНИТИ 04.12.2006, № 1504-В2006.
4. *Аккуратов Е.Г.* Электронные учебники и базы данных за рубежом*:* перспективы использования [Текст] / Е.Г. Аккуратов // Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 12. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. С. 324-329.
5. *Аккуратов Е.Г.* Электронные учебники за рубежом [Текст] / Е.Г. Аккуратов, А.А. Чернолихов // XII Междунар. конф. «European research», г. Пенза, 7 октября 2017 г.: тр. конф. Пенза: Изд-во МЦНС «Наука и просвещение». Пенза, 2017. С. 231-233.

УДК 547.791.1

ПОВЫШЕНИЕ ТВОРЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА ФИЗИКИ

Е.А. Евстифеева, А.П. Лушникова, Р.И. Попов, П.А. Иванов, А.В. Филатов

Научный руководитель – Р.И. Попов, канд. ист. наук, доцент
Научный консультант - П.А.Иванов канд. физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет
(Лаборатория лекционного эксперимента)

В настоящей работе рассматриваются общие принципы методического содержания преподавания курса физики в техническом университете, в том числе целесообразность подключения студентов младших курсов для проведения с ними ряда научно – исследовательских работ.

***Ключевые слова**: лекционный эксперимент, фундаментальные дисциплины, «меловая» физика, творчество студентов младших курсов.*

INCREASE IN CREATIVE ACTIVITY OF STUDENTS OF TECHNICAL UNIVERSITY WHEN STUDYING A COURSE OF PHYSICS

E.A. Evstifeeva, A.P. Lushnikova, R.I. Popov, P.A. Ivanov, A.V. Filatov

Scientific Supervisor – R.I. Popov, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University
(Laboratory of a Lecture Experiment)

The present work deals with the general principles and methodological content of teaching physics at the technical University, including the feasibility of connecting undergraduate students to conduct their various research works.

***Keywords**: lecture experiment, fundamental disciplines, "cretaceous" physics, creativity of junior students.*

Наш физический кабинет (Лаборатория лекционного эксперимента), Ярославского государственного технического университета, существующего со дня его открытия в 1944 году, обладает богатейшей коллекцией демонстрационного эксперимента, а также сложившимися десятилетиями традициями его показа. Одним из важных условий качественной лекции по физике является проведение лекционного эксперимента. Удачное сочетание теоретического материала и лекционных моделей, и иллюстрирующих различные физические явления, дает, как показывает практика, наилучший педагогический результат.

Над разработкой и методикой проведения лекционных демонстраций работали крупнейшие в свое время ученые и педагоги. Их работники имеют свое место, в современное время широко используемые специалистами сферы в тандеме со студентами, младших курсов. На кафедре физики Ярославского государственного технического университета большое значение по методической работе с применением лекционных демонстраций придают преподаватели: В.Т. Черенков, Е.Н. Школьников, В.Ф. Бабанин, Н.Н. Симаков. Физика является фундаментом всего современного естествознания, на котором строятся подготовка студентов по всем направлениям техники, химии, биологии и смежным дисциплинам естественного научного профиля, то есть законы физики играют огромную роль в самых различных областях науки и техники. Бесспорен тот факт, что физика - наука экспериментальная, однако преподавание физики в университетах зачастую ведется «меловым методом». С лекций практически вытеснен демонстрационный эксперимент, отя последний позволяет решить ряд важнейших задач: иллюстрирование теоретического материала, постановка задач исследовательского характера, постановка проблемно-творческого эксперимента, возбуждение познавательного интереса студентов.

Формирование у студентов исследовательских умений и навыков приобретает все большую актуальность в современном мире в связи с тем, что высокий уровень развития науки и техники требует и наличие высокого исследовательского потенциала специалистов. Развитие исследовательских способностей студентов позволяет им быстрее и эффективнее усвоить знания, поэтому, чем раньше активизируется творческая деятельность студентов, тем успешнее будет и на следующих этапах обучения, тем лучше подготовленными будут они для обучения на выпускающих кафедрах и к будущей профессиональной деятельности. Не малую роль в этом играет подготовка и участие студентов в научно-технических конференциях. Построение курса общей физики технического вуза основано на использовании теории и эксперимента одновременно.

Опыт подготовки студентов к участию в научно-технических конференциях говорит о том, что уже начиная с первых курсов, студенты

способны творчески подходить к решению задач исследовательского характера. Часть материала студенты самостоятельно подготавливают в виде докладов, тезисов, рефератов. Некоторую часть готовят специалисты кафедры по техническому обеспечению. Проводятся конференции, на которых организуются “круглые” столы с привлечением преподавателей других кафедр и студентов других вузов для развития более широкого кругозора участвующих в этих мероприятиях. Рассматриваются часто физические вопросы и их приложения. На проводимых ими презентациях используются совместно сделанные лекционные демонстрации по различным разделам физики: (электродинамика) – сознательные катушки; прыгающая катушка, опыты Эрстеда с круговыми и линейными проводниками; (оптика) – набор по дифракции и дисперсии света; (механика) – модель и уравнение Бернулли, на примере шарик в потоке воздуха от пылесоса; (атомная физика) – модели для исследования вольт-амперных характеристик светодиодов.

Значимые выступления отмечены дипломами участников и лауреатов конференции. У нас и за рубежом имеются специальные предприятия, которые серийно выпускают разработанные ВУЗами методически продуманные демонстрационные приборы. По существующей традиции сложились межкафедральные связи общеобразовательной кафедры физики ЯГТУ с выпускающими кафедрами общей химической технологии и электропроизводств (ОХТ и ЭП) и кафедрой химической технологии биологически активных веществ (ХТБВ). Для которых совместно изготавливаются лабораторные устройства, в частности для исследования свойств полифункциональных олигобутадиенов. И практическая работа с каучуками типа СКД и водорастворимыми композициями типа СКДН-Н. В основе этих установок лежит электрометрический метод электролиза, который на кафедре физики изучается в общем виде, а на выпускающих кафедрах уже более углубленно. С конкретизацией катодного и анодного электроосаждения и определением размеров частиц металла.

Конечно, никакой виртуальный эксперимент не сможет заменить натурный, который является затратным в своем исполнении. Не каждый ВУЗ и школа могут себе это позволить. Ведь даже научиться показывать эксперимент – это большое искусство. Д. И. Менделеев говорил об эксперименте: «Сказать можно все, а ты поди продемонстрируй». Выходом из сложившейся ситуации, когда большая часть оборудования с советских времен пришла в негодность, а новы стоят больших денег, может послужить совместное производство моделей не всегда эстетичного плана, но с хорошими физическими результатами установок лекционного и лабораторного плана. Кафедра сотрудничает со школами. Примерами сотрудничества вуза с подшефными школами, закрепленными за кафедрой, является следующее:

1) под руководством А.А. Залуцкого, канд. физ.-мат. наук., доцента, и инженера С.А. Борисова собран и введен в эксплуатацию комплект оборудования в виде фронтальной лабораторной работы по изучению законов постоянного тока для лицея № 86 г. Ярославля, проведены практические занятия со школьниками нескольких классов.

На фотографии: В.В. Морозов д. ф-м.н., профессор, заведующий кафедрой физики, декан машиностроительного факультета, проводит занятие по профориентации со школьниками 11 класса, при технической поддержке А.В.Филатова инженера кафедры ответственного за лекционный эксперимент.

2) Давние и дружественные отношения у кафедры физики ЯГТУ со школой №33 г. Ярославля с физико-математическим уклоном, им. К. Маркса. В результате, под руководством Н.Н. Симакова д.ф-м.н, профессора кафедры физики был разработан и внедрен в учебный процесс комплект лабораторной работы по дифракции света на пропускающей решетке, основанной на работе светодиодов. Комплект имеет название «Светофор», в соответствии со светом испускаемого светодиодами. Аналогичные устройства используются и на кафедре в лаборатории оптики. Существенным условием при выполнении работы студентами, является полностью открытая для визуализации физическая схема. Требуется минимальное время для юстировки установки. Съем практических результатов осуществляется за короткое время, тем самым высвобождается время для работы с оформлениями и расчетами теоретического обоснования.

В выводе по вышеуказанному лучше всего привести цитату профессора А.Б. Млодзеевского: «Если курс общей физики читается без демонстраций или хотя и с демонстрациями, но не в достаточном количестве или плохо поставленными, то значение такого курса совершенно обесценивается и, таким образом, вся система физического образования остается без фундамента». Поэтому необходимо соблюдать традиции преподавания физики, обусловленные веками, и находить решения поставленных вопросов в качестве простых, как в понимании, так и материальном виде моделей физического явления, реализованных собственными руками. Не зря же в технических музеях типа «музей Эйнштейна», расположенного в г. Ярославле на ул. Собинова, экскурсантам дают возможность попробовать поучаствовать самим в эксперименте с приборами. Коллектив авторов выражает благодарность П.А. Иванову за консультативную помощь в подборке материала методического направления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лежнев А.И.* Биения звуковых колебаний в курсе физики / А.И. Лежнев, А.В. Филатов, В.Ф. Бабанин // Материалы 66-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2013. 452 с.

2. *Погодина П.Е.* Лекционные демонстрации и лабораторные работы по дифракции света на пропускающей решетке / П.Е. Погодина, А.В. Филатов, Н.Н. Симаков // Материалы 62-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2009. 479 с.

3. *Седова Е.А.* Экспериментальная оценка ширины спектра излучения светодиодов / Е.А. Седова, А.В. Филатов, Н.Н. Симаков // Материалы 63-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием: тез. докл. Ярославль: Изд-во ЯГТУ 2010. 473 с.

СЕКЦИЯ «СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»

УДК 911.2

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДУХОВНОЙ ЗНАЧИМОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНОГО ПАРКА СЕЛА ВАУЛОВО)

Е.А. Лебедева, М.А. Фоменко, А.В. Михайлова

Научный руководитель – Г.А. Фоменко, д-р геогр. наук, профессор, академик РАЕН

Ярославский государственный технический университет
Научно-исследовательский проектный институт «Кадастр»

Рассматриваются теоретические и методологические основы природообустройства в условиях современного мира, взаимосвязи между планированием, экосистемным подходом и духовностью, важность культурных услуг экосистем и духовных ценностей в стремлении обеспечить устойчивое развитие территорий.

Ключевые слова: *устойчивое развитие, особо охраняемые природные территории, планирование, экосистемные услуги, культурные и духовные ценности*

ENVIRONMENTAL PROTECTION OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES OF SPIRITUAL SIGNIFICANCE (ON THE EXAMPLE OF THE NATURAL PARK OF VAULOVO VILLAGE)

E.A. Lebedeva, M. A. Fomenko, A.V. Mikhailova

Scientific Supervisor – G.A. Fomenko, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Academician of RANS

Yaroslavl State Technical University
Research and Designing Institute "Cadaster"

The theoretical and methodological foundations of environmental engineering in the modern world, the relationship between planning, the ecosystem approach and spirituality, the importance of cultural services of ecosystems and spiritual values in an effort to ensure sustainable development of the territories are considered.

***Keywords**: sustainable development, specially protected natural areas, planning, ecosystem services, cultural and spiritual values*

Современный быстро меняющийся мир, с выраженными постмодернистскими тенденциями, предъявляет новые требования к особо охраняемым природным территориям (ООПТ). Они все больше воспринимаются не только как территории сохранения биоразнообразия и уникальных экотопов, но и как территории познавательного туризма и рекреации, получения людьми эстетического наслаждения природой и расположенными в ней природно-культурно-историческими объектами. Поэтому сегодня, при принятии решений по развитию ООПТ и повышению эффективности деятельности по сохранению биоразнообразия, наряду с интересами сохранения и охраны дикой природы, на первый план выходит также стимулирование и удовлетворение познавательного интереса, культурных и эстетических потребностей населения.

Такой подход полностью согласуется с принципами Устойчивого Развития, которое предполагает развитие, удовлетворяющее потребности настоящего времени, но не ставящее под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности, а также Целями Устойчивого развития, принятыми ООН и всеми странами-участницами, включая Российскую Федерацию [1].

Между тем, вопросы сохранения и развития ООПТ в данном аспекте до настоящего времени не ставились и не рассматривались. Появляется необходимость расширения подходов и инструментов планирования для создания, сохранения и функционирования ООПТ как поставщиков важных и в принципе ничем незаменимых потоков экосистемных услуг [2]. Особенно актуальны эти вопросы для ООПТ регионального значения, которые испытывают повышенную антропогенную нагрузку и нуждаются в особенных мерах сохранения, адаптированных к специфическим условиям конкретных территорий.

Для Ярославской области, с ее староосвоенной территорией, на которой расположено большое количество объектов природного и культурного наследия, особый интерес представляет природный парк Ваулово, особо охраняемая природная территория регионального значения, расположенная в Тутаевском районе, на месте бывшей дворянской усадьбы Мордвиновых. С начала 20 века здесь располагался Свято-Успенский Вауловский скит, находившийся под особым духовным покровительством преподобного Иоанна Кронштадтского. Тем самым, природный парк

Ваулово, наряду с важной природоохранной функцией, формирует духовный стержень региона, его культурные ценности. Благодаря таким обстоятельствам, что предопределяет необходимость сохранения культурной, духовной и исторической ценностей. Требуется разработка специальных подходов к сохранению и развитию данной ООПТ, которые, благодаря своей специфике, могут быть тиражированы на другие подобные территории регионов Российской Федерации.

В качестве цели исследования была определена разработка предложений по плану развития памятника природы «Усадебный парк с. Ваулова» на основе существующих методологических подходов и современных практик планирования и развития ООПТ. При этом изучаемая ООПТ регионального значения рассматривается как объект природно-культурного наследия, неотъемлемая часть природного капитала (богатства) Ярославской области и один из важных факторов ее Устойчивого Развития.

Для достижения поставленной цели требуется решение следующих задач:

1. Изучить современные теоретические предпосылки и методические приемы планирования развития ООПТ и повышения их социальной значимости как объектов природно-культурного и исторического наследия.
2. Обобщить и проанализировать современный российский и зарубежный опыт планирования сохранения и развития ООПТ, обладающих особой культурно-исторической и духовной значимостью.
3. Изучить территорию природного парка «Усадебный парк с. Ваулова», состояние ее природных комплексов и объектов исторического и культурного наследия, определить необходимые действия по их сохранению и развитию, с учетом установленных природоохранных ограничений и требований церковной жизни.
4. Разработать предложения по плану развития памятника природы «Усадебныйпарк с. Ваулова» и определить возможности тиражирования выработанных подходов на другие ООПТ Российской Федерации, характеризующиеся особой духовной и исторической значимостью.

Для решений поставленных задач предполагается использование методологических приемов и теоретических концепций природообустройства, а именно, экосистемный подход к развитию ООПТ и ландшафтное планирование. Информационная база исследований включает в себя материалы, отражающие современные подходы к природообустройству ООПТ, прежде всего, обладающих особой культурно-исторической значимостью, а также нормативные правовые, информационно-аналитические документы и монографические документы по теме исследований.

Изучение современных теоретических предпосылок и методических приемов планирования развития ООПТ и повышения их социальной значимости как объектов природно-культурного и исторического наследия показали, наряду с имеющимися наработками в области биологических наук, важную роль современных концепций экосистемного подхода к природообустройству и ландшафтного планирования применительно к ООПТ. Так, экосистемный подход, концентрирующий внимание на комплексном управлении природными ресурсами, обеспечивает их устойчивое использование, руководствуясь оценочными показателями экосистемных услуг, предоставляемых различным пользователям. В общем виде, экосистемные услуги – это выгоды, которые люди получают от экосистем, обеспечивающих пищу, лекарства, топливную древесину, пресную воду, чистый воздух, местное регулирование климата и вдохновение для искусства, культурных традиций и религии. Согласно существующей классификации, экосистемные услуги включают: обеспечивающие услуги (продукты, которые люди получают от экосистем), регулирующие услуги (выгоды, получаемые от регулирования экосистемных процессов), культурные услуги (рекреация, образовательные и духовные выгоды, получаемые людьми от экосистем).

Важности регулирующих экосистемных функций ООП, предоставляемых прежде всего, в виде сохранения среды обитания и биоразнообразия, традиционно придается большое значение. При этом, однако, как правило, недооцениваются культурные услуги экосистем, несмотря на высокую роль в восприятии людей традиций и обычаев, связанных с расположенными на ООПТ объектами культурного, исторического и духовного наследия. Однако, с точки зрения достижения Устойчивого Развития, именно природно-культурные комплексы играют огромную роль, особенно комплексы духовного значения [3]. Таким образом, применение экосистемного подхода, с упором на важность культурных услуг экосистем, позволяет по-новому рассмотреть ООПТ как объекты не только природной, но и духовной значимости.

Также, одним из важных и признанных инструментов охраны природы является ландшафтное планирование, которое нацелено на выявление и оценку функций и свойств ландшафта и разработку на этой основе рекомендаций по экологически устойчивому использованию благ природы. Реализация подходов ландшафтного планирования предполагает решение двух взаимосвязанных задач: (1) зонирование ООПТ по режиму землепользования, с учетом установленных природоохранных ограничений, как основу нормативно-правовой базы ее дальнейшего развития и (2) разработку на этой основе концепции развития ООПТ, в соответствии вустановленными ландшафтным планом режимами использования территории. Оценка воздействия хозяйственной деятельности на окружаю-

щую среду и здоровья населения, экологическая экспертиза – конструктивные направления реализации ландшафтного планирования в практику [4].

Ландшафтное планирование имеет три основных уровня, различающихся масштабами и содержанием планирования – ландшафтную программу, ландшафтный рамочный план и ландшафтный план. Ландшафтное планирование является центральным инструментом планирования для реализации целей охраны природы. Его результатом является серия карт, иных графических материалов и пояснительного текста к ним.

Таким образом, работа по определению мер по развитию ООПТ, обладающих особой культурно-исторической значимостью, должна базироваться на использовании теоретических предпосылок и методических приемов экосистемного подхода и ландшафтного планирования.

Обобщение и анализ современного российского и зарубежного практического опыта планирования сохранения и развития ООПТ показало, что совместное применение экосистемного подхода и ландшафтного планирования до настоящего времени не применяется; действия по сохранению и развитию ООПТ планируются в основном в виде набора отдельных инструментов по охране природных комплексов, экологическому образованию и познавательному туризму. При этом, если элементы ландшафтного планирования развития ООПТ применяются в отечественной и зарубежной практике, то экосистемный подход еще не нашел распространения.

В ходе исследований была изучена территория природного парка «Усадебный парк села Ваулова», состояние ее природных комплексов и объектов исторического и культурного наследия. Выявлено, что в настоящее время в селе сохранился усадебный парк с системой прудов и частично сохранившийся архитектурный ансамбль. Также сохранилась липовая аллея, посажанная по благословлению отца Иоанна, с воздуха напоминающая образ православного креста [5]. В настоящее время памятник природы находится в аварийном состоянии, существуют серьезные проблемы землеустройства, гидрологического режима и нарушения целостности ландшафтов.

Результаты изучения состояния памятника природы, с использованием методологии экосистемного подхода и ландшафтного планирования, позволили определить основные действия, которые необходимы для развития и охраны усадебного парка. Установлено, что в первоочередном порядке требуются мероприятия по оптимизации границ и зонированию памятника природы, разработке положения и паспорта памятника природы, проведению обследования территории памятника природы (включая подеревную съемку, гидрогеологические исследования) и последующего

благоустройства. Полученные результаты будут положены в основу разработки предложений по плану развития памятника природы «Усадебныйпарк с. Ваулова».

Реализация разработанных подходов к сохранению и развитию природного парка села Ваулово, как ООПТ, обладающей особой духовной значимостью, позволит сохранять природное богатство, природно-культурное наследие Ярославской области как основу ее Устойчивого Развития, а тиражирование полученного опыта в другие регионы Российской Федерации заложит основы Устойчивого Развития страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад о Целях в области устойчивого развития, 2017 год / Организация Объединенных Наций. 2017.
2. *Фоменко Г.А.* Экономический транзит и охрана природы: социокультурные аспекты / Г.А. Фоменко, М.А. Фоменко. Ярославль: Научно-исследовательский проектный институт «Кадастр», 2016. 313 с.
3. *Bas Verschuuren* An Overview of Cultural and Spiritual Values in Ecosystem Management and Conservation Strategies / Foundation for Sustainable Development. The Netherlands, 2006.
4. *Антипов А.Н.* Ландшафтное планирование: принципы, методы, европейский и российский опыт / А.Н. Антипов, А.В. Дроздов, В.В. Кравченко [и др.]. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2002. - 141 с.
5. *Иеромонах Вениамин (Лихоманов)* Вауловский успенский женский скит, 1903-2003: к столетию основания / Сост. Т.И. Орнатская. М.: Отчий дом, 2003. 71 с.

УДК 574.5:004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

А.А. Перфильев, Г.А. Фоменко, К.А. Лошадкин, Э.А. Гоге

Научный руководитель – Г.А. Фоменко, д-р геогр. наук, профессор, академик РАЕН

Ярославский государственный технический университет

Моделирование природных процессов с использованием современных программных комплексов уже давно стало эффективным инструментом в решении насущных проблем природопользования. Одним из важных направлений является гидроэкологическое моделирование, основанное на интеграции водных объектов с водосбором и присущей ему подстилающей поверхностью, то есть создание модели единой гидроэкосистемы.

Ключевые слова: *моделирование, SWAT, гидроэкология, гидрологические расчетные единицы, экосистемы*

MODELING OF HYDROLOGICAL PROCESSES TO SOLVE ENVIRONMENTAL PROBLEMS AT INSUFFICIENCY DATA OBSERVATIONS

A.A. Perfilyev, G.A. Fomenko, K.A. Loshadkin, E.A. Goge

Scientific Supervisor – G.A. Fomenko, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Academician of RANS

Yaroslavl State Technical University

Simulation of natural processes with the use of modern software complexes has long been an effective tool in solving pressing problems of nature management. One of the important areas is hydroecological modeling, based on the integration of water bodies with the catchment area and its inherent surface, that is, the creation of a model of a single hydroecosystem.

Keywords: *simulation, SWAT, hydroecology, hydrologic response unit, ecosystems*

Недостаточный учет антропогенных воздействий и непонимание протекающих процессов в пределах речных бассейнов приводит к загрязнению водоемов, заилению русел рек, обрушению берегов, ускоренной эвтрофикации, ослаблению и ухудшению состояния экосистем. Все это создает угрозу как существованию живых организмов в пределах нарушенных экосистем, так и жизни и здоровью местного населения [1].

Для решения этих проблем на сегодняшний день разработано множество научно-обоснованных аналитических инструментов как зарубежных, так и российских ученых-исследователей, представляющих собой программные комплексы, способные описывать и моделировать некоторые экосистемные параметры и процессы. Особое место в этой сфере занимают гидрологические модели, ориентированные на решения задач экологически устойчивого использования водных ресурсов и бассейновых территорий на основе экосистемного подхода, среди которых наиболее известной является «Soil and Water Assessment Tool» (SWAT). Основная причина ее популярности заключается в наличии открытого кода и развитое информационное обеспечение в виде технической поддержки, программ калибровки и большого количества Интернет-ресурсов.

Практическая востребованность SWAT обусловлена, в первую очередь, комплексным характером воздействий управленческих решений в сфере водопользования на окружающую природную среду, требующих пространственно-временного анализа множества биогенных и абиогенных факторов бассейновых территорий, что может быть реализовано лишь на основе современных ГИС-технологий, особенно в условиях недостаточности проведенных наблюдений за показателями водотоков и состоянием бассейна в целом.

SWAT была разработана в США как физическая модель исследуемого водосбора с целью прогноза воздействия управленческих решений на водные ресурсы, наносы, содержание питательных веществ и пестицидов с достаточной точностью на больших речных бассейнах в условиях недостаточности данных гидрологических наблюдений (Arnold and others, 1993) [2].Этот инструмент объединил в себе важные физические и полуэмпирические элементы и может работать с минимум специализированных исходных данных о климате, характеристиках почвы, топографии местности, растительности и типах землеустройства и землепользования в пределах анализируемого водосбора [3]. Анализируемыми территориальными единицами являются речные бассейны, суббассейны и гидрологические расчетные единицы, представляющие собой стокоформирующие комплексы, которые формируются SWAT путем взаимного наложения элементов рельефа, типов почв и землепользования и характеризуются внутренней однородностью (рис. 1).

Точность результатов и аналитические возможности модели повышаются по мере расширения и оптимизации используемых исходных данных (от гидрологических характеристик водотоков и состава почв до типов водопользования, землепользования и локальных источников загрязнения в пределах рассматриваемого бассейна) на основе анализа выходных данных — прогнозной имитационной модели речного бассейна (с возможностью внесения дополнительных данных и корректировки исходных данных) и расчетных и спрогнозированных параметров по бассейну, суббассейнам и гидрологическим расчетным единицам (рис. 2).

Рис. 1. Анализируемые SWAT территориальные единицы

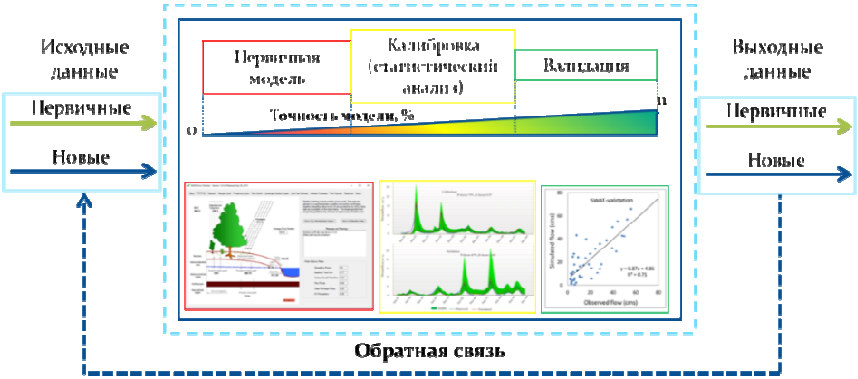


Рис. 2. Процесс моделирования SWAT

Ярославская область богата водными ресурсами и подобные исследования имеют важное практическое значение для успешного решения задач природообустройства и водопользования на устойчивой основе в пределах любых бассейновых территорий региона. В целях гармонизации модели к отечественным стандартам и изучения состояния бассейна р. Которосль Ярославской области, было выполнено пробное моделирование и проанализированы полученные результаты. На начальном этапе проведен запуск модели с использованием базовых исходных данных

(рис. 3): цифровая модель рельефа (ЦМР) с разрешением 30 м; характеристики землепользования Ярославской области; пространственное распределение почв бассейна р. Которосль с их подробными физическими характеристиками; метеорологические параметры (осадки, температура, солнечная радиация, относительная влажность воздуха, скорость ветра).

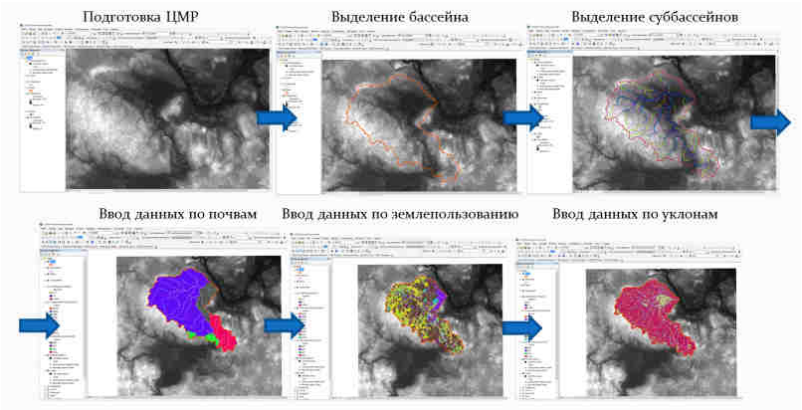


Рис. 3. Процесс выделения бассейновых единиц р. Которосль и запись в модель необходимых пространственных исходных данных с помощью ArcSWAT

Моделирование выполнялось на 5-летний период с обязательным периодом «разминки», равным одному году, который необходим для короткого временного ряда. Запуск SWAT-модели с использованием базовых исходных данных для выбранной части бассейна р. Которосль в целом показал работоспособность модели исходя из полученных значений поверхностного стока.

Для улучшения точности работы модели по части гидрологических значений необходимы данные полевых исследований, включающие в себя посуточные исследования водных потоков, исследования физического и химического состава почв, метеорологические данные наблюдений. Однако, как показывает отечественный опыт применения SWAT, основные трудности использовании модели в России связаны с неактуальностью или закрытостью большинства необходимых информационных ресурсов – цифровых пространственных покрытий почв и растительности, гидрофизических характеристик почвенного покрова, некоторых данных гидрометеорологического мониторинга [4].

Таким образом, в отношении перспектив применения SWAT в России можно отметить следующее: (1) в условиях дефицита исходных данных на-

блюдений о гидрологических характеристиках водотоков и бассейнов региона, времени и средств на сбор таких данных, SWAT является эффективным инструментом моделирования гидрологических и экосистемных процессов по имеющимся минимальным данным, выявления на этой основе проблем природопользования исследуемых территорий и анализа возможных путей их решения; (2) модель SWAT находится в открытом доступе в сети интернет и представляет собой как отдельную платформу, так и пакет расширения для ArcGIS, QGIS, и других ГИС-программ (http://swat.tamu.edu/), что существенного облегчает ее использование, в том числе в учебных целях вузами и специализированными организациями; (3) информационная гибкость SWAT в отношении полноты и точности исходных данных, что было подтверждено результатами работ в Ярославской области, имеет важное практическое значение для исследований речных бассейнов с различной степенью полноты и качества исходных данных, поскольку позволяет эффективнее планировать ограниченные финансовые ресурсы под конкретные цели моделирования и необходимую точность ожидаемых результатов; (4) требования к базам исходных данных и формат выходных данных SWAT соответствует международным стандартам в этой сфере, что облегчает технически доступ к международным базам данных, технологиям расчета и моделирования, но требует постепенной перестройки уже существующей в России системы сбора исходной информации под эти стандарты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ecosystems and Human Wellbeing: a Framework for Assessment / Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, 2005.

2. *Neitsch S.L.* Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation, version 2009 / S.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams // Texas A&M University. USA: College Station, 2011. 618 p.

3. Документ ВМО-0168. Руководство по гидрологической практике. Том 2. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. 6-е изд. // Всемирная Метеорологическая Организация. 2012. 324 с.

4. Разработка региональной гидрологической модели / А.Н. Бугаец, Б.И. Гарцман, О.В. Соколов и др.// Материалы VII Экологического международного форума «Природа без границ 2013» (Владивосток, 10-11 октября, 2013).

УДК 628.312

ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ ОЗЕРА ПЛЕЩЕЕВО

А.С. Смирнова, А.И Ахременко

Научный руководитель – А.И. Ахременко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья описывает современное водопользование озера Плещеево, антропогенное воздействие и проблемы озера в современном мире.

***Ключевые слова**: озеро, приозерная территория, загрязнение озера, водоем.*

WATER USE PLESHCHEYEVO LAKE

A.S. Smirnova, A.I. Akhremenko

Scientific Supervisor – A.I. Akhremenko, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor

Yaroslavl State Technical University

This paper examines the modern water use of Pleshcheyevo Lake, anthropogenic impact and problems of the lake in the modern world.

***Keywords**: lake, lake area, lake pollution, water reservoir.*

Озеро Плещеево – одно из самых крупных и красивых озер средней полосы России. Оно расположено на юге Ярославской области недалеко от города Переславля-Залесского и является достопримечательностью «Золотого кольца» России.

Озеро представляет собой обособленный водоем.

В него впадают 19 рек и ручьев. Самый крупный приток озера – р. Трубеж, вытекающая из Берендеевского болота, которое расположено к юго-востоку от озера. Вытекает из озера одна река Векса, длиной 8 км. Она несет свои воды в близлежащее оз. Сомино, где берет начало р. Нерль Волжская – приток Волги.

На юго-восточном берегу озера, в нижнем течении р. Трубеж, стоит город Переславль-Залесский (рис. 1). Местность, окружающая озеро, холмистая, кроме низменного и болотистого северо-западного берега.

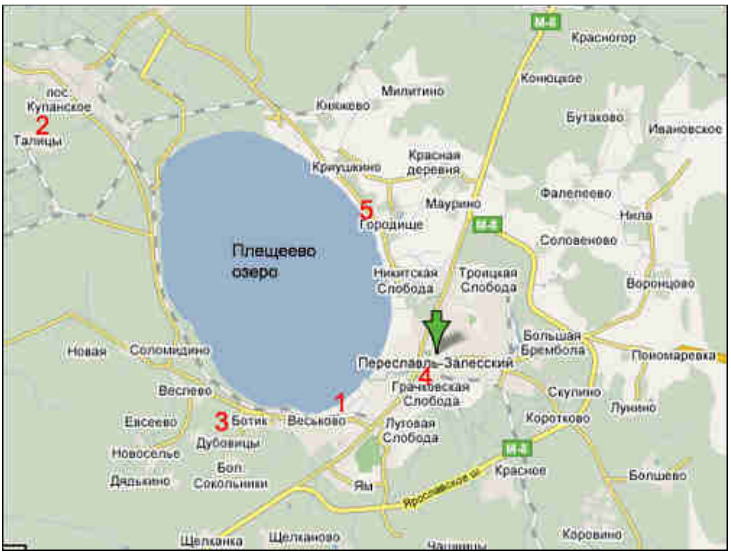


Рис. 1. Карта-схема расположения озера Плещеево

Возраст Плещеева озера около 30 тысяч лет. Оно образовалось после отступления континентальных ледников. Это подтверждается самим положением озера на границе ледниковой морены и древних аллювиальных наносов. Древний водоём был гораздо крупнее нынешнего. Его прежние границы заметны как возвышенная кайма на восточной и южной стороне озера. Здесь расположены сёла Городище, Большая Брембола, Красное, Веськово и Соломидино.

В конце XVII века на Плещеевом озере была построена «потешная» учебная флотилия Петра I. В начале XX века она была возрождена на несколько лет.

На Плещеевом озере развито рыболовство, добываются такие промысловые рыбы как окунь, ёрш и другие. Переславская ряпушка, добывавшаяся ранее, теперь занесена в Красную книгу.

Плещеево озеро — популярное место занятий кайтсёрфингом и виндсёрфингом (в летнее) и сноукайтингом (в зимнее время).

На берегу озера расположен целый ряд памятников и достопримечательностей, среди которых археологический памятник «Клещинский

комплекс», 12-тонный Синий камень (на северо-восточном берегу), ботик Петра Первого. Никитский монастырь, переславская Рыбная слобода (сам Переславль-Залесский также лежит на берегу озера). По южному берегу озера шла Переславская железная дорога, разобранная в 2005 году. На берегу озера находится насосная станция, которая снабжает водой Переславль-Залесский.

Есть несколько основных проблем приозерной территории. Во-первых, многие участки проданы или сданы в аренду, обнесены заборами, и обычным людям, в том числе жителям Переславля, недоступны. Возьмем, к примеру, «Попов луг». Огромная территория огорожена, с недавнего времени организована «прогулочная тропа к озеру», за проход по которой взимается плата!

Второе — безответственное хозяйствование на берегах озера. Растущие как грибы коммерческие объекты — кафе и кемпинги — часто ведут свою деятельность не совсем законно. Известно, что канализация из кафе «Ботик» вот уже много лет течет прямо в озеро. Кемпинги на северной стороне озера в разгар сезона перегружены, и возникают сильные сомнения, что несколько биотуалетов спасут озеро от загрязнения. К тому же во многих местах отсутствует возможность, например, вымыть посуду кроме как в озере. В общем-то, поляну под Александровой горой трудно назвать кемпингом. Нет организованной парковки, нет электричества, воды. И, конечно, должно быть ограничено количество туристов, отдыхающих на берегах озера с ночевкой. Нельзя же заселить в гостиницу в несколько раз больше гостей, чем рассчитано конструкцией здания. На Плещеевом озере никаких ограничений нет. И сами туристы уже не рады, потому что невозможно найти места, где не будет толпы таких же отдыхающих.

Третье — практически полное отсутствие инфраструктуры. Все дороги вокруг озера по выходным забиты машинами, парковок почти нет, как нет ни одной велодорожки, оборудованной набережной.

В-четвертых, слишком мало нетронутой природы остается вокруг Плещеева озера. На выкупленных участках владельцы намерены строить объекты, которые принесут им прибыль.

Экологи, жители Переславля и прилегающих территорий бьют тревогу. Озеро с каждым годом мелеет, зарастает, уничтожаются места произрастания редких растений и обитания животных и птиц. О проблемах Плещеева озера знают все, но конкретных мер по спасению уникального водоема не предпринимается. Если мы и дальше будем относиться к озеру потребительски, оно погибнет и превратится в болото.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронин Н.Н.* «Переяславль Новый» // Летописи и хроники: Сборник статей / Под редакцией Б. А. Рыбакова. М.: Наука, 1974.
2. *Борисов П.Г.* О рыболовстве и состоянии рыбных запасов в Переславском озере. Рыбное хозяйство, июль 1953 года.
3. Озеро Плещеево // Водоёмы Подмосковья: Справочник Московского общества «Рыболов-спортсмен» / Редактор-составитель И. Чухрай. М.: Советская Россия, 1969. 224 с..
4. Смольянинов В.М. Комплексная оценка антропогенного воздействия на природную среду при обосновании природоохранных мероприятий / В.М. Смольянинов, П.С. Русинов, Воронеж: Изд-во ВГАУ, 1996. 125 с.
5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://1yar.tv/ru/article/all/rubrics/ 12834

УДК 628.312

ОСОБЕННОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ПЕРЕСЛАВЛЬ-ЗАЛЕССКИЙ

Д.А. Травина, А.И Ахременко, Г.А. Фоменко

Научные руководители – А.И. Ахременко, канд. техн. наук, доцент;
Г.А. Фоменко, д-р геогр. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Плещеево озеро — жемчужина Центральной России. В настоящее время Плещеево озеро является источником водоснабжения г. Переславля-Залесского. Антропогенная нагрузка на озеро приводит к тому что качество воды в последние годы заметно ухудшается.

В данной статье показана ситуация сложившаяся на настоящее время. Рассмотрен действующий водозабор, проблемы связанные с состоянием озера.

Ключевые слова: *Плещеево озеро, водоснабжение, водозабор, Переславль-Залесский, качеств воды.*

FEATURES OF WATER SUPPLY OF THE CITY PERESLAVL-ZALESSKY

D.A. Travina, A.I. Akhremenko, G.A. Fomenko

Scientific Supervisors – A.I. Akhremenko, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor;
G.A. Fomenko, Doctor of Geographical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

Plesheheevo lake is the pearl of Central Russia. Currently Plesheheevo lake is the source of water supply to the city of Pereslavl-Zalessky. Anthropogenic pressure on the lake leads to the fact that the quality of water in recent years is significantly deteriorating.

This article describes the situation at the present time. The current water intake, problems related to the state of the lake.

***Keywords**: Plesheheevo lake, water supply, water intake, Pereslavl-Zalessky, water quality.*

Плещеево озеро — жемчужина Центральной России. Малая глубина не помешала ему стать сначала поставщиком рыбы для царского двора, а затем и родиной русского флота. Теперь же по берегам озера организован национальный парк, где нашлось место и музеям — от исторического ботика Петра I до анекдотического музея чайников — и старинным храмам, и замечательным озёрным пейзажам, и густым лесам, переходящим в грибные болота. Плещеево озеро устойчиво связано со стоящим на его берегу древнерусским городом, Переславлем-Залесским, который немыслим без озера, ну а озеро лишилось бы изрядной части своего обаяния, не будь по его берегам такого количества древних храмов и монастырей.

В настоящее время Плещеево озеро является источником водоснабжения г. Переславля-Залесского. Антропогенная нагрузка на озеро приводит к тому, что качество воды в последние годы заметно ухудшается.

Озеро образовалось около 30 тысяч лет назад. Оно имеет ровную овальную форму и сравнительно небольшую площадь в 51 км^2. Берега низкие, местами заболоченные. Глубина до 25 м, средняя глубина — 11 м, хотя по краям озеро очень мелкое: первые пару сотню метров от берега глубина меньше человеческого роста. С юга в Плещеево озеро впадает река Трубеж, в устье которой стоит Переславль-Залесский, на северо-востоке вытекает река Вёкса.

В 1988 году был введен в эксплуатацию открытый водозабор для обеспечения жителей города питьевой водой. Водозабор из озера Плещеева планировался как временное сооружение на три-четыре года с суточным забором воды до 10 тысяч кубометров воды. Для решения проблем озера Плещеева и Переславля-Залесского по инициативе национального парка и администрации города эти вопросы были включены в федеральную программу «Возрождение Волги». В 90-е годы программа была закрыта. Открытый водозабор работает до сих пор. Питьевое водоснабжение населения города Переславля-Залесского осуществляется одним водозабором МУП «Спектр». Из озера выкачивается в сутки в среднем 24 тысячи кубометров воды, в летнее время забор воды увеличивается до 30-35 тысяч кубометров. За годы эксплуатации почти 300 млн. кубометров воды из озера перекачено в Волжский бассейн, что является основной угрозой жизнедеятельности озера.

Главным притоком озера является Трубеж, но именно с ним связаны проблемы озера. Дело в том, что в своем нижнем течении река прохо-

дит по территории города, что негативным образом сказывается на качестве воды. Кроме того, в последние годы водность ее заметно снизилась из-за того, что воды из Берендеевского болота, которые являются основным источником Трубежа, уходят во Владимирскую область.

В 2001-2002 годах филиалом «Экогеокомплекс» государственного предприятия «Центргеология» Минприроды РФ было проведено исследование Берендеева болота с целью разработки решения для восстановления его естественного стока в Переславском районе. Было определено, что водное питание в истоке реки Трубежа полностью нарушено, поверхностный и подземный стоки с Берендеева болота в реку Трубеж практически прекратился. Это произошло в результате осушения мест торфоразработок на протяжении более полувека (1920 -1980 гг.). Болото перестало существовать как таковое и превратилось в обширную котловину, рельеф которой расчленен дренажной сетью, находящейся в разрушенном и запущенном состоянии. Общий уклон местности направлен на юго-восток, в сторону Владимирской области. Перепад высот составляет в среднем 1 м на 1 км. Уклон поверхности и направление уклона зеркала грунтовых вод соответствует уклону местности. Поэтому объем поверхностного стока со всей территории болота направлен в сторону прямо противоположную истоку реки Трубежа. В настоящее время весь сток с территории Берендеевского болота по имеющимся магистральному, нагорному и другим каналам поступает в реку Малый Киржач Владимирской области.

Основную подпитку Трубеж получает от своих притоков — Ветлянки, Мурмиша и Черноречки, которые также не могут похвастаться чистотой. Вода в Трубеже течет три месяца в году, в остальное время стоит.

На качество воды в озере влияет все возрастающая антропогенная нагрузка на его прибрежную зону. Причина — плохая работа канализационной системы, а то и полное ее отсутствие как в сельской местности, так и в городе. Причем главную опасность представляют даже не фекальные стоки, а вода от стиральных и посудомоечных машин. В ней содержатся фосфаты, повышенное содержание которых способствует росту сине-зеленых водорослей. Так, летом было отмечено массовое цветение водорослей, содержащих токсин.

Все это сказывается на состоянии озера, из которого забирается вода для питьевых нужд.

Анализ всей ситуации показывает, что необходимо изменение схемы водоснабжения г. Переславль-Залесский. Возможно более предпочтительным является вариант водозабора из р. Вёксы, что позволит

увеличить проточность озера, сохранить его уровень воды и улучшить качество воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Смольянинов В.М.* Комплексная оценка антропогенного воздействия на природную среду при обосновании природоохранных мероприятий / В.М. Смольянинов, П.С. Русинов. Воронеж: Изд-во ВГАУ, 1996. 125 с.
2. *Михайлов В.Н.* Гидрология / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский. М.: Высшая школа, 2008. 463 с.
3. *Константинов А.С.* Общая гидробиология. М.: Высшая школа, 1979.
4. *Макрушин А.В.* Биологический анализ качества вод / Под ред. Г.Г. Винберга. Л.: АН СССР, 1974.

УДК 911.375.6:613.644

ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕТСКИХ ИГРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ С УЧЁТОМ РИСКА ЗДОРОВЬЮ ДЕТЕЙ ОТ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В.А. Халаки, Г.А. Фоменко, А.Е. Бородкин

Научный руководитель – Г.А. Фоменко, д-р геогр. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются риск-ориентированные подходы к планированию городских территорий при реализации целей устойчивого развития, создания комфортного и безопасного пространства для наименее защищенных социальных групп, и необходимость грамотного проектирования предметно-развивающей среды для детей, познающих окружающий мир через игру.

Ключевые слова: *устойчивое развитие, зелёная среда, парки, игра, шум, оценка риска, детские площадки.*

PLANNING CHILDREN'S PLAYSPACES WITH THE ACCOUNT OF RISK TO CHILD HEALTH FROM NOISE POLLUTION OF THE URBAN ENVIRONMENT

V.A. Khalaki, G.A. Fomenko, A.E. Borodkin

Scientific supervisor – G.A. Fomenko, Doctor of Geographical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The article examines risk-oriented approaches to planning urban areas in the implementation of sustainable development goals, creating a comfortable and safe space for the least protected social groups, and the need for competent design of the subject-developing environment for children who learn the world through the play.

Keywords: *sustainable development, green environment, parks, play, noise, risk assessment, playgrounds.*

В условиях стремительной урбанизации «зелёная» среда обитания является одним из важнейших составляющих компонентов антропоэко-

системы. В городской среде она сосредоточена в основном в парковых зонах. Этот факт значительно повышает роль территорий парков в жизни городских жителей, особенно среди наиболее уязвимого слоя населения – детей. Сегодня свобода действий современных детей в изучении окружающего их мира значительно ограничена, что в первую очередь связано с недостаточным обеспечением детской безопасности, организованным распорядком дня и чрезмерным увлечением электронными гаджетами. Известный журналист Ричард Лув в своей работе, посвященной разрыву между детьми и природой, связывает сокращение пребывания детей на воздухе с нарушениями детского соматического и психического здоровья. Исследования Ричарда Лува заставляют нас принимать меры, чтобы вернуть отдых на свежем воздухе в жизнь детей [1]. Важнейшая задача в этом направлении – обустроить городское пространство (парки, уличные ландшафты и окрестности) для создания сети ярких и безопасных мест для детей, с ключевой целью – играть!

В докладе Американской академии педиатрии «Важность игры в содействии здоровому развитию детей и поддержание сильных связей между родителями и детьми» говорится, что игра, особенно в природной среде, является крайне важной составляющей в процессах оптимального развития детского организма. Дети любят мир природы, он стимулирует маленьких детей к обучению. Наши ранние детские переживания – то, как мы играем, учимся и взаимодействуем с миром вокруг нас, оказывают сильный и формативный эффект на наше здоровье, мышление и поведение на протяжении всей нашей жизни [2].

В настоящее время в городах одним из наиболее негативно действующих на здоровье населения и здоровье среды обитания фактором является акустическое загрязнение. Наиболее неблагоприятным эффектом воздействия транспортного шума является его неспецифическое действие на здоровье, в первую очередь это проявляется в негативных изменениях нервно-психической сферы. Как правило, в современном проектировании детских игровых сред это обстоятельство совсем не учитывается, что создает опасную ситуацию для жизнедеятельности детей.

Повышение комфортности и безопасности среды обитания является одним из важных факторов в развитии устойчивости городской территории, обеспечения благоприятных и здоровых условий жизни людей, особенно для наиболее чувствительного населения – детей, что отражается в **актуальности** данной темы.

Проблема создания достойной среды для наименее защищенных слоёв населения поднимается давно. Впервые тема жизненного пространства городских детей была поднята Мартой Мухо в начале 1930-х годов. В своем гамбургском исследовании «Жизненное пространство ребёнка в мегаполисе» она указывала на то, что в жизни ребёнка боль-

шую роль играет улица. В 2012 году в Германии вышла книга «30 лет Йозеф Бойс 7000 дубов», в которой наибольший интерес представляет статья Ханс-Юргена Таурита. Основная идея Таурита заключается в увеличении количества деревьев в городе, поскольку они меняют его зрительный образ, экологическую ситуацию, жизнь и имеющиеся городские структуры. Иллюстрация проектной экологизации игрового пространства хорошо представлена в ряде работ, выполненных в Ярославской области при консультационной поддержке Х.-Ю. Таурита, а также специалистов Института «Кадастр» [3, 4].

Основной **целью** данной работы являлась разработка подходов к составу детских площадок экологического профиля и их безопасному размещению с учетом приемлемости рисков здоровью от шумового воздействия. Для решения поставленной цели были решены следующие **задачи**: (1) проанализирован зарубежный и отечественный опыт создания детских игровых пространств; (2) выполнена идентификация опасности, оценка шумовой экспозиционной нагрузки и риска здоровью населения от шумового воздействия; (3) проанализированы возможные «экспозиционно-ответные» эффекты со стороны здоровья детей; (4) выполнена географическая визуализация зон комфорта и дискомфорта по критерию приемлемости риска;(5) даны предложения к составу и размещению детского игрового пространства.

Объект исследования – дети дошкольного и школьного возраста.

Материалы и методы исследования. Исследуемая территория расположена в Красноперекопском районе г. Ярославля, ограничена крупными автомагистралями. Математическое моделирование акустической нагрузки от автодорог выполнено с использованием ПК АРМ «Акустика» (ООО ТЕХНОПРОЕКТ», г. Санкт-Петербург), при этом рассчитывались эквивалентные и максимальные уровни звука, а также эквивалентные уровни звукового давления в октавных полосах. Выполнена количественная оценка порогового и агрегированного совокупного риска здоровью, а также рассчитаны уровни риска развития специфических и неспецифических эффектов у детей.

Результаты и их обсуждение. Анализ работ зарубежных и отечественных авторов показывает, что создание детских игровых пространств основывается на двух ключевых факторах – это философские принципы проектирования игровой площадки и её размещение. На игровой площадке важны адаптированные элементы к местной среде (природной и антропогенной). Дизайн детской площадки представляет собой среду, которая заостряет восприятие сознания детей и создает места для выражения их идей и эмоций. «Эстетика» относится не только к чему-то красивому для глаз, но и ко всему, что влияет на чувства в позитивном ключе, включая слух, осязание, обоняние и вкус. Деревья, посаженные в пра-

вильных местах, оптимизируют четкие линии обзора. Дизайн игрового пространства для детей должен обеспечить функциональность и эргономичность, учитывая потребности детей с различными физическими способностями. При проектировании детских игровых пространств важно отступить от взгляда взрослого и обратить внимание на то, что делают дети.

На этапе проектирования детских площадок следует включать пять принципов для высокоэффективной игровой среды: (1) многообразие пространств; (2) проектирование и выбор элементов, которые можно использовать и интерпретировать по-разному; (3) предоставление незакрепленных частей, например, любой ассортимент найденных предметов и натуральных материалов, которые дети могут перемещать и манипулировать во время игры; (4) функциональное зонирование площадки; (5) планирование площадки круглогодичного использования (посадка деревьев и естественные игровые площадки являются основными компонентами оптимизации сезонного потенциала детских игровых пространств; создание условий для более длительного нахождения на открытом воздухе – укрытия от солнца и от дождя, естественные ветрозащитных полосы). Яркие обучающие игровые среды отвечают на врожденное желание детей участвовать в формировании их окружения. Комбинируя такие элементы, как песок, вода, холмы, строительные площадки проверяют навыки детей, способствуют общению и совместному творчеству [5].

Не менее важным является безопасное расположение игровой площадки. В условиях высокой урбанизации, уплотнения городов необходимо учитывать экологический фактор как в плане размещения или выбора оптимального места, так и в плане состава детского игрового пространства. В связи с этим особый интерес представляет пилотная работа, выполненная специалистами Института «Кадастр» в 2017 году и основанная на риск-ориентированном подходе. Следует отметить, что рискологические исследования выполняются Центром по оценке риска здоровью населения, работающем на базе Института «Кадастр»,сертифицированным Управлением Роспотребнадзора РФ.

В результате оценки риска здоровью населения от воздействия транспортного шума было выявлено, что в целом рисковая нагрузка на детское население характеризуется средним уровнем негативного воздействия, однако в некоторых участках отмечается чрезмерная экспозиционная нагрузка по шуму. Это требует разработки неотложных мониторинговых мероприятий и мероприятий по снижению шумового воздействия с учетом среднесрочной и краткосрочной перспектив. По полученным данным в ходе исследования было выполнено зонирование территории по показателям риска здоровью. Это наглядно иллюстрирует про-

блемные зоны и позволяет сориентироваться в части размещения детского игрового пространства. Учитывая принципы эффективной игровой среды, а также взгляды и практический опыт Х.-Ю. Таурита, нами был предложен план детского игрового пространства экологического профиля с выделением специальных зон детской активности (рис. 1). Результаты данной работы были одобрены ведущими экспертами Роспотребнадзора РФ и получено положительное экспертное заключение ФБУЗ «Центра гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора РФ.

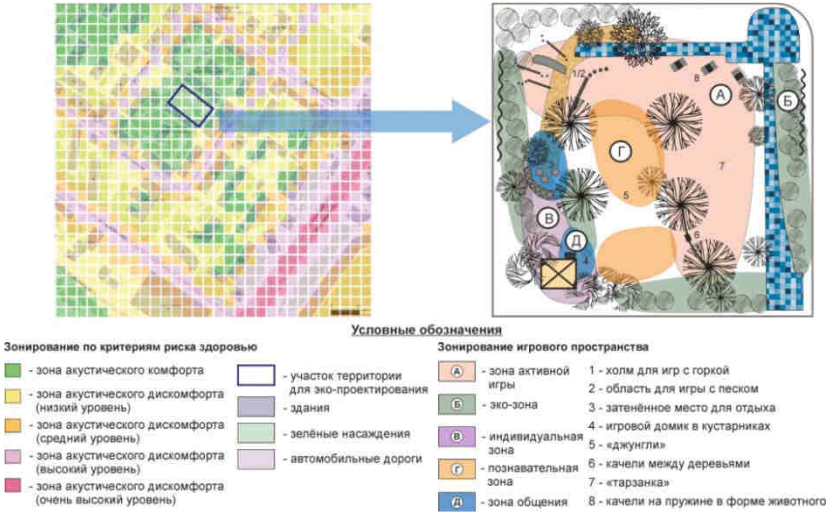


Рис. 1. Зонирование игрового пространства с учетом рисков здоровью детей от акустического воздействия

Таким образом, новые парадигмы побуждают к развитию перспективного видения, которое, с одной стороны, сталкивается с появлением новых инновационных форм «городского централизма», а с другой – неоспоримой необходимостью «вернуть природу в город», со строительством новых ландшафтных и экологических сетей, разветвляющихся по всей территории [6]. Для того чтобы создать ландшафт, который способствует развитию детей, необходимо интегрировать следующие цели: (1) защищать и улучшать здоровье и благополучие детей; (2) увеличить разнообразие природных особенностей и возможностей для игры. То, как мы проектируем наше окружающее пространство, прямо влияет на отношение и поведение детей. Каждое игровое пространство должно раскрывать личность и целеустремленность, иметь богатый потенциал для участия и общения. Это откроет доступ к природе, поддержит естественное любопытство детей, вдохновит к творчеству и даст ряд возможностей для здорового развития детей на основе игры.

В заключении следует отметить, что реализация подходов риск-ориентированного планирования детских игровых пространств с учётом акустического загрязнения городской среды позволит выполнить адекватную оценку вероятности развития вредных эффектов у детей, выполнить прогнозные оценки шумового воздействия в игровых зонах, определить первоочередные природоохранные мероприятия и зонировать территорию по критериям приемлемости риска. Это способствует здоровому развитию детей, осознанию важности природы в городе, а также играет существенную роль в развитии гуманистических воззрений. Совершенно очевидно, что разработка мероприятий по снижению воздействия физических и химических факторов на население (особенно на детей) необходима еще на этапе проектирования жилых зон и придомовых территорий, что в настоящее время практически не выполняется. Рискологические подходы могут переориентировать и оптимизировать систему управления качеством среды обитания в плане возможности принятия адекватных градостроительных решений для безопасного проживания населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Louv R.* Last Child in the Woods: Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder also viewed / R. Louv. New York, 2008.
2. *Ginsburg K.R.* The Importance of Play in Promoting Healthy Child Development and Maintaining Strong Parent-Child Bonds / K.R. Ginsburg // Pediatrics. 2007. Vol. 119, № 1.
3. *Фоменко Г.А.* Экономический транзит и охрана природы: социокультурные аспекты / Г.А. Фоменко, М.А. Фоменко. Ярославль: Научно-исследовательский проектный институт «Кадастр», 2016. 313 с.
4. *Таурит Х.-Ю.* Город для женщин и детей – новый подход к планированию устойчивого развития городских поселений / Х.-Ю. Таурит, М.А. Фоменко // Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне: материалы 5-й научно-практической конференции (Ярославль, 8-9 декабря 2011 г.). Ч.2. Ярославль: Изд-воЯГПУ, 2011. С. 102-111.
5. Landscape and Child Development / TDSB and Evergreen. 2013.
6. *Sargolini M.* Urban Landscapes – Environmental Networks and Quality of Life / M. Sargolini. Springer-VerlagItalia, 2013.

УДК 628.1

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

И.В. Цико, К.А. Лошадкин

Научный руководитель – К.А. Лошадкин, канд. геогр. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Вода является одним из жизненно важных природных ресурсов. Для решения проблем его сохранения необходимы эффективные инструменты практической реализации комплексного экосистемного подхода к управлению водными ресурсами. Интегрированное управление водными ресурсами является одним из инновационных инструментов достижения эффективного, справедливого и устойчивого водопользования и управления ограниченными водными ресурсами в целях устойчивого развития территорий.

Ключевые слова: *интегрированное управление водными ресурсами, маломасштабные системы водоснабжения, устойчивое водопользование*

INTEGRATED APPROACH TO THE ORGANIZATION OF WATER SUPPLY OF RURAL TERRITORIES

I.V. Tsiko, K.A. Loshadkin

Scientific Supervisor – K.A. Loshadkin, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Water is one of the vital natural resources. To solve the problems of its conservation, effective tools for the practical implementation of an integrated ecosystem approach to water management are needed. Integrated water resources management is one of the innovative tools for achieving effective, equitable and sustainable water use and management of limited water resources for sustainable development of the territories.

Keywords: *integrated water resources management, small-scale water supply systems, sustainable water use.*

Вода выполняет базовые функции в поддержании целостности экосистем и условий жизни человеческих сообществ и является ключевым фактором их экономического и социального развития. Поскольку она является одним из ряда жизненно важных природных ресурсов и оказывает влияние практически на все виды экосистем, крайне важно, чтобы водные проблемы не рассматривались изолированно. Для соблюдения этого условия традиционный фрагментированный подход к управлению водными ресурсами показал себя неэффективным. Успешное преодоления новых вызовов непосредственно связано с интегрированным управлением водными ресурсами (ИУВР), которое в настоящее время принято на международном уровне[1] как инструмент эффективного, справедливого и устойчивого развития и управления ограниченными водными ресурсами.

ИУВР представляет собой эмпирическую концепцию, основанную на четырех базовых принципах: (1) пресная вода есть ограниченный и уязвимый ресурс, важный для поддержания жизни, развития и окружающей среды; (2) освоение и управление водными ресурсами должно базироваться на подходе массового участия, с привлечением пользователей, планировщиков и политиков на всех уровнях; (3) женщины играют центральную роль в обеспечении, управлении и охране воды для домашних хозяйств; (4) вода имеет экономическую стоимость и должна быть признана экономическим товаром.

Рост потребностей в питьевой воде наряду с такими глобальными факторами как демографические и климатические изменения, еще больше повышают нагрузку на водные ресурсы и значительно усложняют задачи по оптимальному распределению и сохранению водных запасов. Исследования водных проблем под эгидой Глобального водного партнерства позволяет отметить, что эти проблемы усугубляются кризисом существующих подходов к управлению водопользованием. Доминируют отраслевые подходы, что приводит к рассогласованному и фрагментарному развитию различных сфер водопользования. Более того, управление водными ресурсами обычно передают организациям, работающим по принципу «сверху-вниз», легитимность и эффективность которых все больше подвергается сомнению.

Интегрированное управление предполагает, что все виды водопользования рассматриваются вместе и взаимозависимы. Поэтому такой подход представляет собой систематический процесс устойчивого развития, распределения и мониторинга водных ресурсов в контексте социальных, экономических и экологических целей развития территорий. Он способствует скоординированной разработке и управлению водными, земельными и смежными ресурсами экосистем, с тем чтобы максимально

обеспечить экономическое и социальное благосостояние на справедливой основе без ущерба для устойчивости жизненно важных экосистем [2].

Важной составляющей ИУВР является задача организации эффективного водоснабжения населения сельских территорий. ИУВР помогает лицам, принимающим решения в секторе питьевого водоснабжения, лучше понять и оценить особенности маломасштабных систем водоснабжения и эффективней решать связанные с ними проблемы.

Маломасштабные системы водоснабжения преобладают в сельской местности, в том числе в селах, на хуторах, в деревнях и поселках городского типа или в малых городах. Системы водоснабжения, обслуживающие пригородные районы больших городов организованы точно так же, и поэтому при определенных обстоятельствах они тоже могут рассматриваться как маломасштабные системы водоснабжения [3].

Люди, которые обслуживаются маломасштабными системами в сельской местности и в малых городах, имеют право на такой же уровень качества воды, как и все остальные. Достижение Целей устойчивого развития, сформулированных в Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 г., требует ведения борьбы с заболеваниями, передающимися через воду, и обеспечения к 2030 г. всеобщего и справедливого доступа, как к безопасной питьевой воде, так и к адекватным санитарным условиям. Для обеспечения всеобщего доступа к качественной воде необходимо обращать должное внимание на некоторые особенности и трудности в вопросах управления, эксплуатации, технического, кадрового и ресурсного обеспечения, которые могут мешать маломасштабным системам водоснабжения и санитарии предоставлять безопасные и устойчивые в долгосрочной перспективе услуги. При этом важно отметить, что все эти трудности практически одинаковы для всего Общеевропейского региона, каким бы ни был уровень социально-экономического развития каждой отдельной страны [4]. Поэтому опыт решения проблем функционирования мелкомасштабных систем водоснабжения в странах Европы актуален и для обеспечения безопасного водоснабжения населения сельских территорий России.

В России исследования проблем организации водоснабжения населения сельских территории в условиях перехода к рыночной экономики датируются началом 1990-х годов. Результаты этих исследований позволяют отметить, что водопроводные системы в поселках городского типа эксплуатируются за счет скудных государственных дотаций, из-за чего не выполняются капитальные ремонты, не хватает финансирования даже на эксплуатационные работы. Поддержание систем водоснабжения осуществляется преимущественно за счет частных инвестиций (личные сбережения и труд жителей). При этом деньги вкладываются, прежде всего, в нецентрализованные водоисточники (колодцы, родники и т.п.).

Наиболее сложная обстановка характерна для многоэтажной застройки сельских поселений, где высока зависимость жителей от технических факторов и снижены возможности использования альтернативных источников воды [5].

В связи с этим большинство колодцев способны обеспечить только сбор верховодки, что обуславливает их регулярное пересыхание и необходимость доставки привозной воды в засушливые годы, что находит отражение в оценке местным населением качества водоснабжения (рис. 1).

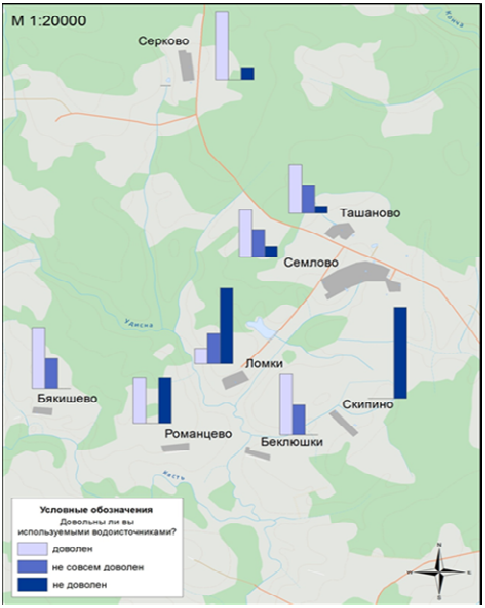


Рис. 1. Ответы жителей Семловской административной территории Даниловского муниципального района на вопрос: «Довольны ли вы используемыми водоисточниками?»

Результаты современных полевых исследований Семловской административной территории Даниловского муниципального района Ярославской области позволяют отметить, что в период с 1996 г. по 2014 г. существенные изменения по данной территории наблюдаются лишь в отношении колодцев, число которых увеличилось на 23%. Новые колодцы, созданные за эти годы для личного пользования, редко бывают глубже 3-4 м. Однако, такая тенденция не только не улучшает общую ситуацию с качеством водоснабжения населения одноэтажной застройки, но и

ухудшает возможности жителей многоэтажек использовать колодцы, как альтернативные источники питьевой воды.

Увеличение же доли таких колодцев в личном пользовании связано, главным образом, с изменением возрастного состава (старением) постоянного населения территории. Людям пенсионного возраста легче и удобнее пользоваться колодцем во дворе собственного дома (сооружение такого колодца, как правило оплачивают их дети, проживающие в городе). Решающий фактор в пользу такого выбора – приемлемая стоимость сооружения личного колодца при значительном удобстве его использования; качество и постоянство наличия воды в таком колодце – факторы второго плана, учитываемые по возможности.

Таким образом, результаты исследований показали, что для повышения качества и безопасности водоснабжения сельского населения при планировании бытового водоснабжения сельских территорий необходимо учитывать местные социально-экономические и гидрогеологические особенности водопользования населения в виде конкретных факторов, стимулирующих людей самостоятельно принимать те или иные решения по обеспечению себя водой. Поэтому для организации эффективного устойчивого водоснабжения сельского населения решения менеджеров коммунальных систем централизованного водоснабжения и органов санитарного надзора должны разрабатываться при непосредственном участии самих водопользователей, на основе принципов ИУВР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. United Nations [Электронныйресурс]: Integrated Water Resources Management (IWRM).– Режимдоступа: http://www.un.org/waterforlifedecade/iwrm.shtml.

2. GlobalWaterPartnership [Электронный ресурс]: Глобальное водное партнерство: Тематическая публикация технического комитета. 2000. №4. – Режим доступа: http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/ background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-russian.pdf.

3. World Health Organization [Электронный ресурс]: Маломасштабные системы водоснабжения в Общеевропейском регионе. Федеральное агентство охраны окружающей среды Германии (г. Бад-Эльстер, Германия) совместно с Европейским региональным бюро ВОЗ и Европейской экономической комиссией Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН). Режим доступа: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/148049/e94968R.pdf.

4. World Health Organization [Электронный ресурс]: Принятие мер на уровне политики для улучшения работы маломасштабных систем водоснабжения и санитарии. Инструменты политики и передовая практика в Общеевропейском регионе / Ред. B. Rickert, E. Barrenberg, O. Schmoll;ВОЗ,2016. – Режим доступа: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0015/320505/ Tacking-policy-action-SSW-supply-tools-good-practices-ru.pdf?ua=1.

5. *Фоменко Г.А.* Особенности сельского водоснабжения в Ярославской области в современных условиях / Г.А. Фоменко, М.А. Фоменко // Известия РАН. Сер. геогр. 1999. № 2.

УДК 621.182

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.Г. Пономаренко, Е.А. Михайлов

Научный руководитель – Е.А. Михайлов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются современные методы оценки техногенной и экологической безопасности гидротехнических сооружений различного назначения на примере земляной плотины на реке Вихорка в Борисоглебском районе Ярославской области с использованием качественных и количественных показателей безопасности.

Ключевые слова: *гидротехническое сооружение, авария, критерии безопасности, качественные и количественные показатели безопасности, состояние, мониторинг.*

ASSESSMENT OF TECHNOGENIC AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF HYDRAULIC STRUCTURES FOR VARIOUS PURPOSES

A.G. Ponomarenko, E.A. Mikhailov

Scientific supervisor – E.A. Mikhailov, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor

Yaroslavl State Technical University

Discusses modern methods of estimation of technogenic and environmental safety of hydraulic structures for various purposes, for example, an earthen dam on the river Vechorka Borisoglebsk district of the Yaroslavl region, using qualitative and quantitative indicators of safety.

Keywords*: hydraulic structure, crash, safety criteria, qualitative and quantitative indicators of security status monitoring.*

Гидротехнические сооружения (ГТС) обеспечивают возможность использования водных ресурсов в целях развития энергетики, защиты от наводнений, рыборазведения, мелиорации, водоснабжения, позволяют складировать жидкие отходы производства. Наиболее опасными для ок-

ружающей среды и человека являются ГТС накопителей жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Такие отходы, как правило, содержат в высоких концентрациях токсичные и опасные для человека, растительного и животного мира загрязняющие компоненты.

Аварии на таких сооружениях могут привести не только к гидродинамическому разрушению и затоплению объектов социального, культурного и хозяйственного назначения, но и к загрязнению территории различными токсическими веществами. Тем самым может быть причинен серьезный вред экономике, природным объектам, жизни и здоровью людей, оказавшихся в зоне чрезвычайной ситуации. Поэтому ГТС должны иметь высокую техническую надежность и обеспечивать техногенную и экологическую безопасность в процессе эксплуатации.

В соответствии с Федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений» [1], безопасность ГТС определяется как свойство гидротехнических сооружений, позволяющее обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов. Основным юридическим документом, подтверждающим безопасность ГТС, является декларация безопасности гидротехнического сооружения, которая разрабатывается на стадии проектирования объекта, а затем периодически корректируется и обновляется в процессе строительства и эксплуатации ГТС.

В состав декларации безопасности в обязательном порядке входят критерии безопасности, паспорт безопасности, расчет уровня риска аварий ГТС и оценка уровня безопасности гидротехнического сооружения, установленная в соответствии с нормативными актами и правилами [2].

По уровню опасности гидротехнические сооружения подразделяются на 4 класса [3]: чрезвычайно высокой опасности (I класс), высокой опасности (II класс), средней опасности (III класс) и низкой опасности (IV класс). Для ГТС I – III классов всегда определяется два уровня критериев безопасности (К1 и К2), а для сооружений IV класса допускается при соответствующем обосновании устанавливать только один критериальный уровень безопасности К1. Критерии безопасности К1 и К2 - это предельные значения контролируемых показателей состояния, определяемые соответственно при основном и особом сочетании нагрузок. При достижении показателей К1, устойчивость, механическая и фильтрационная прочность ГТС, а также его водопропускная способность соответствуют еще условиям нормальной эксплуатации.

При превышении (уменьшении) одного или нескольких значений показателей критериев безопасности второго уровня (К2) эксплуатация ГТС в нормальном режиме не допустима в связи с развитием деструктивных процессов, необратимо ведущих к аварии [4]. В этом случае требу-

ются срочные дополнительные мероприятия по обеспечению безопасности ГТС.

Критерии безопасности утверждаются Ростехнадзором на основе рассмотрения достоверности и обоснованности использованных методов их определения и таблицы контролируемых качественных и количественных диагностических показателей состояния ГТС и предельных значений К1 и К2.

Количественные показатели, измеряемые техническими средствами и расчетами на основании этих измерений, включают такие параметры, как геометрическая форма ГТС, отметки гребней плотин и дамб и их превышение над уровнем воды в верхнем бьефе, вертикальные и горизонтальные перемещения и деформации тела и основания сооружения, пьезометрические напоры воды в теле сооружения, фильтрационные расходы грунтовых плотин и дамб.

Качественные (контролируемые визуально) показатели могут включать наблюдения за просадкой и пучением грунта на гребне, бермах и откосах плотин и дамб, наличием фильтрации в нижнем бьефе, появлением оползней (обрушений) на откосах, образованием и развитием трещин в бетонных и железобетонных конструкциях, появлением коррозии металлов и шелушением бетонных покрытий.

Перечисленные диагностические показатели состояния ГТС могут быть значительно расширены или уменьшены в объеме в зависимости от конструктивных особенностей сооружения и условий его эксплуатации. В процессе эксплуатации критериальные показатели состояния ГТС должны сравниваться с их фактическими значениями, и уточняться по мере необходимости.

Служба эксплуатации обязана постоянно следить за тем, что бы ни один фактический показатель состояния ГТС не превышал (не был ниже) установленных критериев безопасности, а в случае невыполнения данного условия принимать меры к устранению недостатков в техническом состоянии и в работе сооружения.

В качестве примера приведем разработанные нами критерии безопасности для земляной плотины на реке Вихорка в Борисоглебском районе Ярославской области. Плотина имеет длину по гребню 110 м, высоту 5,5 м, максимальный напор 4,5 м, максимальный расход водосбросных сооружений 11,59 $м^3/с$, объем водохранилища 175 000 $м^3$. Верховой откос покрыт монолитным железобетоном, а низовой посевом трав.

В пояснительной записке к критериям безопасности данной плотины относящейся к IV классу опасности, обоснована целесообразность назначения только одного уровня критериев безопасности (К1). Описана методика установления К1, проведены необходимые расчеты прочности

и фильтрационной устойчивости плотины, а также контролируемые качественные и количественные диагностические показатели состояния ГТС.

На этой основе разработана таблица критериев безопасности К1 плотины, в которой представлены количественные и качественные контролируемые показатели и их критериальные уровни. В частности, даны числовые значения геометрических параметров плотины, высотные отметки уровней воды в водохранилище, превышение гребня плотины над форсированным уровнем воды, пропускная способность водосбросов. Кроме этого, указаны качественные критериальные показатели, касающиеся просадок грунта тела плотины, трещин и промоин на гребне и откосах, фильтрации в нижнем бьефе, разрушения железобетона и т.д.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что наличие критериев безопасности вовсе не гарантирует 100% безопасность сооружения, которая определяется как его техническим состоянием, так и работой службы эксплуатации по мониторингу и своевременному устранению технических и функциональных нарушений в работе ГТС.

Выше было отмечено, что при разработке декларации безопасности ГТС устанавливается оценка уровня безопасности сооружения и вероятный риск возможной аварии.

Расчеты уровня безопасности плотины на реке Вихорка, выполненные методике ОАО «НИИЭС» [5], показали, что итоговая оценка уровня безопасности (I) этого сооружения находится в интервале $0<I\leq 3$.

Такая оценка соответствует нормальному уровню безопасности плотины. Поэтому в настоящее время она может функционировать в проектном режиме без проведения каких - либо дополнительных мероприятий.

Расчеты коэффициента риска аварии R_aи вероятности аварии P_a плотины проведены по методике ФГУ «ВНИИ ВОДГЕО» [6]. В результате расчетов установлено, что величины R_a и P_a соответственно составляют 0,104 и $3{,}5\times10^{-4}$. Нормативные показатели R_a и P_a для ГТС IV класса при нормальном уровне безопасности должны быть не более 0,15 и 4×10^{-3}соответственно. Следовательно, плотина на реке Вихорка имеет нормальный уровень безопасности и допустимый уровень риска аварий.

В заключение следует отметить, что техногенная, а вместе с ней и экологическая безопасность ГТС обеспечивается многими факторами, обеспечивающими устойчивость и прочность сооружений, условия его эксплуатации, разработку и соблюдение критериев безопасности, оценку ущерба от возможной аварии и готовность службы эксплуатации к локализации и ликвидации аварийных ситуаций. Только учет всех этих факторов на практике может обеспечить безаварийную и безотказную работу гидротехнических сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».
2. Постановление Правительства РФ от 06.11.1998 № 1303 «Об утверждении «Положения о декларировании безопасности гидротехнических сооружений»».
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.11.2013 № 986 «О классификации гидротехнических сооружений».
4. Инструкция о порядке определения критериев безопасности и оценки состояния гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях (РД 03-443-02), утвержденная постановлением Госгортехнадзора России от 04.02.2002 № 10, зарегистрированным Минюстом России 18.05.2002 № 3449.
5. Методика оценки уровня безопасности гидротехнических сооружений, ОАО «НИИЭС», 2004.
6. Методические рекомендации по оценке риска аварий на гидротехнических сооружениях водного хозяйства и промышленности. 2-е издание, переработанное и дополненное. Н.Н. Розанов, Н.П. Куранов, В.В. Верменко [и др.]. М.: «ДАР/ВОДГЕО», 2009. 64 с.

УДК 72.06

ОБЩЕСТВЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

В.А. Богинская, Е.В. Збаранский, Н.Н. Кудряшов

Научный руководитель – Н.Н. Кудряшов, кандидат архитектуры, профессор

Ярославский государственный технический университет

Статья посвящена осмыслению взаимозависимости городских общественных пространств, и социальных сообществ эксплуатирующих эти пространства.

Мы попробуем найти причинно-следственную связь, и разобраться общество формирует пространство или пространство формирует общество и какими методами происходит это формирование.

Ключевые слова: *город, пространство, сообщество, досуг, творчество, образование, житель.*

PUBLIC DESIGN

V.A. Boginskaya, E.V. Zbaranskiy, N.N. Kudryashov

Scientific Supervisor – N.N. Kudryashov, Candidate of Architecture, Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to understanding the interdependence of urban public spaces, and social communities exploiting these spaces.

We will try to find a causal relationship, and to understand the society that forms space or space forms a society and by what methods this formation takes place.

Keywords: *city, space, community, leisure, creativity, education, resident.*

Нет пространства и времени, а есть их единство.
Альберт Эйнштейн

В любом населенном пункте существуют общественные пространства, на территории этих мест жители города знакомятся, обсуждают насущные вопросы, совместно проводят досуг. Если вспомнить историю, то таким местом являлось Вече (от старославянского вет – совет) - для

обсуждения общих дел и непосредственного решения насущных вопросов общественной, политической и культурной жизни. Такие места были всегда, на главных площадях городов, люди узнавали свежие новости от глашатаев, рынки были не только местом для коммерческой деятельности, но и местом общения людей, и значимость коммуникативной функции была ни чуть не ниже торговой.

В современном мире эти функции приняли на себя телевиденье, интернет телефония, и может показаться, что общественные пространства в привычном представлении потеряли необходимость, но это далеко не так! Возникла необходимость в их реновации.

Перед современными архитекторами стоит задача не только спроектировать площадь, сквер или бульвар, так чтобы они отвечали СНиПам и ГОСТам, но и наполнить ее смыслами, и дать новому пространству вектор и тематику дальнейшего развития! Компетенции архитектора возросли, и в наше время помимо архитектурного, он так-же занимается и социальным проектированием.

Современный архитектор является своего рода «Сценаристом общественного пространства», и в зависимости от жанра, выбранного для сценария, строится дальнейшее развитие проектируемого объекта.

Рассмотрим в качестве примера пространство для кластера творческой молодёжи. Для того чтобы запустить процесс постоянного расширения и развития площадки необходимо создать всего 2-3 объекта направленных на реализацию творческого потенциала взаимодополняющих, или схожих по идеологии специальностей. Например, сценическое пространство и площадка для занятий стрит артом. Если эти площадки находятся в непосредственной близости друг от друга, то в один момент уличные художники будут привлечены к созданию декораций и оформлению сценического пространства. В результате симбиоза этих 2 творческих направлений появляется третье, а именно декораторство. Создание декораций выходит за пределы сценического пространства, и со сменой локации декорации превращаются в арт-объекты, которые в свою очередь привлекают неравнодушных граждан, готовых включиться в процесс развития территории с новыми силами и идеями.Краткосрочные мероприятия должны перетекать в более длительные и более сложные проекты улучшения общественного пространства. В итоге, это привлечет разные заинтересованные группы в единое сообщество и позволит решать самые разные задачи наиболее комплексно. Таким образом, мы смоделировали простейший социальный проект развития общественного пространства и формирования сообщества.

Попробуем сформулировать из вышесказанного ответ на главный вопрос этой статьи, пространство формируется обществом, или общество формируется пространством? На разных этапах развития пространства

роли творца и творения меняются. Всё начинается с того, что общество, создавая пространство, закладывает в него определенный смысл, а продолжается тем, что смысл, заложенный в это пространство начинает формировать вокруг себя определенный сегмент единомышленников, который в последствии становится обществом, либо сообществом.

Исходя из вышесказанного, следует разработать серию алгоритмов взаимодействия общества и пространства, на основе которых можно сформулировать новое архитектурное течение под названием «Общественное проектирование».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. «Сделано горожанами» методическое пособие, [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://placemaking.ru/, свободный

2. Как в Барселоне делают самую радикальную урбанистическую революцию в мире [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://daily.afisha.ru/cities, свободный

УДК 72

ПАТРИК БЛАНК. ОЗЕЛЕНЕНИЕ ФАСАДОВ

Д.С. Григорьева, Т.А. Сиротина

Научный руководитель – Т.А. Сиротина, канд. культурологии, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье исследуются история и методы озеленения фасадов в архитектуре.

Ключевые слова: *озеленение, фасад, экологическая архитектура, озеленение фасадов*

PATRICK BLANC. FACADE GRINERY

D.S. Grigorieva, T.A. Sirotina

Scientific Supervisor – T. A. Sirotina, PhD in Cultural Studies, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article explores the history and methods of landscaping of facades in architecture.

Keywords: *landscaping, facades, green building, facade greenery*

Рост населения провоцирует развитие мегаполисов, создающих для нашей планеты колоссальные экологические проблемы – обостряется вопрос загрязнения окружающей среды в результате жизнедеятельности человека. Посредством озеленения как территорий городов, так и зданий и сооружений, эту проблему можно решить. Растительность и грунт на крышах и вьющиеся растения на стенах не только предохраняют здание от перегревов и резких перепадов температур, но и очищают воздух от пыли и загрязнений. При проектировании вертикального озеленения большое значение имеет правильный подбор растений, системы их выращивания, а также состав субстратов и разработка системы полива.

Одним из наиболее знаменитых и старейших примеров вертикального озеленения является одно из чудес света - Висячие Сады Семирамиды, сооруженные в 600 г. до н.э. вавилонским царем Навуходоносором II

для его жены. Высадка растений на верхушках зиккуратов (пирамид древних шумеров) является самым первым упоминанием об озеленении зданий и датируется 2000 г. до н.э.

Говоря про озеленение фасадов, стоит упомянуть о том, что жители на Руси, особенно в ее европейской части, а также Финляндии и Скандинавии в старину обкладывали свои жилища кусочками мха и дёрна, которые выступали в качестве утеплителя.

Прародителем концепции «зеленых» фасадов зданий является парижский ботаник Патрик Бланк, создающий вертикальные сады или «le Mur Végétal» (франц. «растительная стена») уже около 30 лет. Но первым человеком, запатентовавшим работу по данной теме и опередившим патенты Бланка почти на 50 лет, был Стэнли Харт («Архитектурно-конструкторская структура и система растительного покрова»). Хотя Бланк не изобрел вертикальный сад, он является его главным популяризатором.

В начале своей карьеры Бланк не предполагал, что его увлечение ботаникой может быть связано с архитектурой. Впервые его работа была продемонстрирована широкой публике на фестивале ландшафтного дизайна в Париже в 1994 году. Его экспозиция из необыкновенных представителей флоры дала понять, что именно это направление будет являться основным в течение грядущих десятилетий.

Для растений важны вода и минеральные вещества, а также свет и углекислый газ для фотосинтеза. Уникальность его метода состоит в том, что Бланк для своей работы использует преимущественного тропические растения, которые растут в подлеске. Такое озеленение неприхотливо в свете и количестве земли. Зачастую, необходимость в земле вообще отсутствует, т.к. подобным растениям необходима только поверхность, за которую они могут зацепиться корнями. А альтернативным источником питательных веществ могут стать мох сфагнум или специальный субстрат.

Помимо частных заказов к Патрику Бланку стали обращаться именитые зодчие и декораторы. По просьбе Андре Путмана в 2001 году он оформил внутренний дворик в ресторанной зоне отеля Pershing Hall около Елисейских полей в Париже. Под куполом разместился 30-метровый каскад из листьев папоротника, многолетних цветов и трав.

Впечатляющей работой, завершенной в 2014 году, является многофункциональный комплекс One Central Park в Сиднее. Вместе со знаменитым архитектором Жаном Нувелем они спроектировали самое высокое в мире здание с живой стеной, высота которой достигает 116 метров и включает около 250 видов флоры Австралии, преимущественно цветов и кустарников. Еще одной особенностью комплекса является панель, представляющая собой зеркало, закрепленное на высоте. Оно

проецирует солнечные лучи на нижние уровни здания для лучшего освещения растений.

Второй совместный проект архитектора и ботаника – фасад административного здания музея на набережной Бранли в Париже, реализованный в 2005 г. Фактурность фасада достигается использованием 150 различных видов растений, среди которых встречаются мхи, папоротники и травянистые растения.

Еще одна известная работа Патрика Бланка также находится во Франции – это Оазис Абукир, созданный им в 2013 году для Недели Дизайна в Париже. Он представляет собой восхитительный сад из 7600 видов растений, расположенный на некогда неприглядной торцевой стене пятиэтажного здания.

Зачастую произведения французского ботаника выглядят как утопия о конце света: природа начинает оккупировать территорию мегаполисов после всемирного апокалипсиса, а на ветру стены небоскребов начинают оживать.

Депрессивные районы и невзрачные постройки из бетона и стекла преображаются в тропические джунгли, которые привлекают значительное количество туристов и формируют более благоприятную среду для жизни, работы и проведения досуга.

Вертикальное озеленение активно используют в своих проектах многие другие архитектурные студии. Озелененные фасады защищают стены от косого дождя и перегрева в жару, а также являются альтернативным фильтром воздуха в условиях плотной застройки мегаполисов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование и строительство. Дом, квартира, сад: Перевод с нем.-Третье изд., переработанное и дополненное. М.: Издательство «Архитектура-С», 2014. 264 с.

2. *Есаулов Г.В.* Энергоэффективность и устойчивая архитектура как векторы развития // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2015. № 5.

3. Мастерская «LETOSTUDIA» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://letostudia.ru/vertikalnoe-ozelenenie/, свободный.

4. *Вертикальное озеленение городов мира: идеи дизайна* [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://umniku.ru/arhitektura/vertikalnoe-ozelenenie-gorodov-mira-idei-dizajna/, свободный.

УДК 719

ГОРОДСКОЙ ДОСУГОВЫЙ ЦЕНТР

Е.В. Данилов, Т.А. Сиротина

Научный руководитель – Т.А. Сиротина, кандидат культурологии, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье анализируется приспособление под современное использование в качестве городского досугового центра объекта культурного наследия – Даниловского тюремного замка XIX в. – и прилегающих к нему территорий. Рассматривается вариант функциональной программы, удовлетворяющей интересы жителей города.

Ключевые слова: *тюремный замок, приспособление под современное использование, городской досуговый центр.*

CITY LEISURE CENTER

E.V. Danilov, T.A. Sirotina

Scientific Supervisor —T. A. Sirotina, Ph.D. in Cultural Studies, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article analyzes the adaptation for modern use as a city leisure center of the cultural heritage object – Danilovsky prison castle of the XIX century – and adjacent territories. A variant of functional program that will be satisfying for interests of city's residents.

Keywords*: prison castle, adaptation for modern use, city leisure center.*

Даниловский тюремный замок построен в 1865 году и является выявленным объектом культурного наследия. До 1960-х годов территория использовалась по прямому назначению, а после закрытия выполняла функцию склада. За век существования тюрьма накопила в себе множество легенд и рассказов о жестокости местных надзирателей и о людях, отбывавших здесь наказание. Как сам тюремный замок, так и события, происходившие в нем, являются частью истории города. Тюрьма является ценным градостроительным объектом, по-своему атмосферным и уни-

кальным. Это место сохраняет дух старого Данилова и должно открыть свои тайны для жителей и гостей города.

Среди проблем небольших провинциальных городов – таких, как Данилов – особо остро стоит вопрос проведения досуга горожан. В рамках данного исследования мы изучаем вопрос формирования новой городской среды на территории тюремного замка XIX века.

Примеров приспособления бывших тюремных зданий под современное использование существует немало как в зарубежной, так и в Российской практике. Например, музей “Елецкий острог”, был открыт в корпусе Елецкой тюрьмы 1860 года постройки. А в 1924 году в Петропавловской крепости в Санкт-Петербурге открылся первый историко-революционный музей. Здесь же позднее открылись музеи, посвященные истории и искусству России. В зарубежной архитектурной практике популярность получило проектирование музеев и отелей в бывших тюремных постройках. Например, тюрьма для особо опасных преступников Алькатрас в Калифорнии (США), находящаяся на одноименном острове в бывшем форте, в 1963 г. была закрыта. А в 1971 г. остров стал частью зоны отдыха “Золотые ворота” и был открыт для туристов и жителей города. Интересна судьба здания отеля Lloyd hotel в Амстердаме (Нидерланды): оно изначально было спроектировано как гостиница, но во время Второй Мировой войны здание превратили в тюрьму. Однако в 1990-х годах силами архитекторов из голландского бюро MVRDV, здание вновь вместило функцию гостиницы.

На основе данного анализа мы сделали вывод о том, что Даниловский тюремный замок также может быть приспособлен под современное использование в качестве общественного центра.

Работая с историческим объектом следует помнить о том, какую функцию выполняло определенное здание, какой смысл несло в себе. Привлечение новых современных видов деятельности в историческое место не должно нарушать сложившуюся атмосферу. Необходимо привнести, но не потерять. Не потерять необходимо не только связь новой начинки с существующей оболочкой, но и связь функционально нового объекта с городом. Целесообразно включить в это здание функцию, удовлетворяющую, в первую очередь, интересы и потребности жителей города.

Далее возник вопрос: как сделать комплекс тюремного замка интересным и востребованным для любого жителя города? Решение заключается, в первую очередь, в привлечении определенного списка видов деятельности и проведения досуга, который рассчитан на обширную возрастную аудиторию.

Самым ярким объектом в структуре комплекса тюремного замка является само здание тюрьмы. Поэтому, при разработке функциональной

программы комплекса ставилась задача включить в это здание такие виды досуга, чтобы каждый посетитель мог прочувствовать на себе атмосферу этого места, узнать историю Даниловского тюремного острога и Даниловского тюремного замка. Прогуляться по тесным мрачным коридорам и камерам и устроить побег из камеры в рамках тюремного квеста. Посетить настоящую тюремную цирюльню или тату-салон. Также функциональной программой предполагается открытое пространство для свободного общения и коммуникации посетителей на чердаке.

Важную роль в композиционном и функциональном решении комплекса играет территория замка с двумя флигелями на входе, тюремный погреб, находящийся в стороне от ограды тюремного замка, а также мастерские для заключенных, построенные в середине XX века. В флигелях, выступающих в качестве входной группы, будут располагаться кафе и бар. Здание мастерских не изменит своей функции, но сменит аудиторию: вместо заключенных здесь будут постигать азы ремесел жители и гости города.

Для совсем юной аудитории посетителей тюремного замка предусматриваются тематические игровые площадки и квесты, а также строительство современного флигеля, в котором будут располагаться клуб детского развития, детская телевизионная студия и шахматная школа.

Таким образом, посредством приспособления под современное использование Даниловского тюремного замка с учетом реального городского контекста, возможно сохранить архитектурное наследие и улучшить качество жизни населения посредством формирования благоприятной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Татьяна Белова*. Даниловские хроники. Вып. 6 / Татьяна Белова. Данилов, 2013.
2. ГКУ ЯО ГАЯО. Ф.76. Оп.2. Д.306.
3. ГКУ ЯО ГАЯО. Ф.80. Оп.2. Д.121.
4. ГКУ ЯО ГАЯО. Ф.100. Оп.10. Д.382.

УДК 72.012

АРХИТЕКТУРА ДЛЯ ОБЩЕСТВА

А.Д. Данилова, Т.А. Сиротина

Научный руководитель – Т.А. Сиротина, кандидат культурологии, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье исследуются результаты работ архитекторов-филантропов, проектирующих убежища для людей, пострадавших от катастроф и стихийных бедствий.

Ключевые слова: *помощь,экологичность, быстровозводимые здания, гуманитарная помощь.*

ARCHITECTURE FOR SOCIETY

A.D. Danilova, T.A. Sirotina

Scientific Supervisor – T.A. Sirotina, PhD in Cultural Studies, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

In article examines the results of the work of philanthropic architects designing shelters for people affected by disasters and natural disasters.

Keywords: *help, environmental friendly, prefabricated buildings, humanitarian aid.*

Ежегодно происходящие в мире катастрофы, будь то природные, политические или техногенные, наносят людям непоправимый урон. Находясь в страхе перед угрожающей силой природы и лишившись крыши над головой, население нуждается в материальной помощи, психологической поддержке, а также во временном укрытии.

Любая катастрофа требует молниеносных решений по спасению жизней людей, а также по обеспечению пострадавших всем необходимым для осуществления их жизнедеятельности. Для этого существует множество организаций и фондов, способствующих восстановлению жилых домов в местах, подвергшихся стихийным бедствиям. Одной из про-

блем такой благотворительной деятельности компаний является экономическая составляющая, зачастую замедляющая восстановительные работы в местах бедствия. Поэтому неравнодушные к случившейся проблеме архитекторы и дизайнеры стараются придумать наиболее комфортные и легкие в строительстве временные жилые пространства, материалом для которых могут служить даже оставшиеся после катастрофы обломки зданий.

«Здравствуйте, я архитектор, единственный в мире, создающий постройки из бумаги…» – так началась речь японского архитектора-филантропа Шигеру Бана на конференции TED в Токио в 2013 г. Шигеру Бан известен как своими постройками для частных клиентов, так и проектами для предотвращения гуманитарных катастроф. В своей практике он часто применяет необычные экологически чистые и недорогие материалы, что сказывается на разнообразии решений при проектировании. Первой его работой в зоне бедствий стали постройки из картонных труб в Руанде (Африка) в 1994 г., где война между племенами оставила более двух миллионов людей без жилья. Дешевые и прочные строения должны были защитить нуждающихся от климатических осадков и насекомых. А чтоб постройки не разрушались от влаги, картон предварительно пропитывался специальными защитными средствами. Следующим социальными проектами Шигеру Бана стали католическая церковь и домики для жителей, пострадавших в пожаре после землетрясения в Кобе (Япония) в 1995г. Восстановленная за пять недель церковь из картонных труб, построенная на фундаменте из пивных пластиковых ящиков, должна была простоять не более трех лет, но десятилетний срок службы доказал прочность таких простых материалов. Землетрясение и цунами на севере Японии в 2011 г. лишили домов огромное количество человек, которые были вынуждены поселиться в спортивных залах учреждений. Увидев, как люди, лишенные личного пространства, страдают, архитектор со своими студентами-волонтерами предложил помощь: в огромных пространствах залов они соорудили перегородки из картонных труб и штор.

Другой же всемирно известный ирано-американский архитектор Надер Халили в своих проектах отдал предпочтение совершенно другому материалу. Его укрытие SuperAdobe («суперсаманный») создается из длинных мешков, наполненных песком, колючей проволоки и земли. Технология возведения такого дома проста и не требует большого количества инструментов: достаточно сложить длинные или короткие мешки с увлажненным песком друг на друга в форму купола или цилиндра, проложив между ними проволоку. Длинные мешковины гарантируют прочность сооружения на сжатие, в то же время, проволока работает на растяжение. Земля обеспечивает убежищу изоляцию и огнезащиту. А чтобы такая землянка простояло много лет, каркас необходимо отштукатурить.

Свои исследования в области быстровозводимых зданий, способных противостоять природным стихиям архитектор начал еще в 1975 году.

Случившееся землетрясение в Непале в 2015 году не оставило равнодушными двух архитекторов Чарльза Лайя из Гонконга и Такехико Сузуки из Токио. Восстановление национальных грязевых домов, оказалось долговременным процессом, к тому же небезопасным на тот момент, поэтому Чарльз и Такехико разработали быстровозводимую систему из бамбукового каркаса и других легкодоступных местных материалов. За счет простоты соединения деталей деревянной конструкции, волонтерами и жителями деревень приюты были собраны в течение двух дней. Металлические профили или листы, оставшиеся после обрушения зданий, послужили скатной крышей для убежища.

Бамбук может выступать не только в роли несущей, но и в роли ограждающей конструкции: корзиночные домики Soe Ker Tie House, построенные по проекту норвежского архитектурного бюро TYIN Tegnestue в деревне, Но Бо в Таиланде, являются гуманитарными проектами для людей, попавших в трудную жизненную ситуацию. Техника переплетения бамбука применена в фасадах и крышах хижин не случайно – она обеспечивает естественную вентиляцию помещения и прочность конструкции.

Во всех вышеперечисленных проектах архитекторы использовали местные строительные материалы. Но стихия не выбирает удобные для ликвидации последствий районы, поэтому многие неравнодушные к этой проблеме архитекторы предложили проекты готовых временных убежищ, которые можно использовать в разных регионах.

Так, например, студент третьего курса университета Ливана Ричард Доузжян, предложил полностью собирать укрытия из пластиковых ящиков, используя их в качестве строительных блоков. Собрав такое убежище на территории университетского кампуса, студент доказал, что мусор может превратиться в хорошее складское помещение. А исследовательская группа студентов-архитекторов из университета Перу, поставив перед собой задачу спроектировать универсальное жилище, разработала складной модуль, который имеет куполообразную форму. Каркас купола выполнен из алюминия и покрыт сверху листами-чешуйками из теплоизоляционной фольги. Данное укрытие способно вместить до восьми человек.

Мобильные дома-оригами, спроектированные японскими архитекторами после сильнейшего цунами в 2011 году, в повседневной жизни представляют собой стоящие в помещении яркие столы, которые мгновенно могут превратиться в маленькие укрытия. Они сконструированы таким образом, что могут выдержать землетрясение, а также могут плыть во время наводнения, так как поверхность столов водонепроницаемая.

Большое количество архитекторов во всем мире занимается проблемой преодоления последствий стихийных бедствий и войн. Проанализированные в статье примеры построек доказывают, что быстровозводимые дома-убежища не требуют значительных финансовых вложений и временных затрат, позволяя, таким образом в максимально короткие сроки облегчить участь пострадавших людей и улучшить качество их жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Видео: Конференция Шигеру Бана в Токио на тему «Аварийные убежища из бумаги» [Электронный ресурс]: — Режим доступа:https://www.ted.com/talks/shigeru_ban_emergency_shelters_made_from_paper/transcript?language=ru, свободный;

2. Статья Владимир Белоголовский // Современный дом. 2003. № 6 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://archi.ru/press/world/33639/bumazhnye-doma-shigeru-bana, свободный;

3. Статья проекта CalEarth [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.calearth.org/, свободный;

4. Статья «Армия спасения: архитекторы против войны и стихийных бедствий» [Электронный ресурс]. Режим доступа:http://archspeech.com/article/armiya-spaseniya-arhitektory-protiv-voyny-i-stihiynyh-bedstviy, свободный;

5. Интервью Екатерины Михайловой 17.04.2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа:https://archi.ru/world/73353/sigeru-ban, свободный;

6. Статья «Временное убежище в Непале» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.archdaily.com/769890/temporary-shelter-in-nepal-charles-lai-plus-takehiko-suzuki, свободный.

УДК 72.01

УРБАНИЗМ И ЭМОЦИИ

К.Ю. Захарова, С.М. Максимов

Научный руководитель – С.М. Максимов, кандидат архитектуры, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье исследуется эмоциональное воздействие архитектуры и пространства на людей.

Ключевые слова: *архитектура, психология, человек, город, эмоция, чувство.*

URBANISM AND EMOTIONS

K.U. Zaharova, S.M. Maximov

Scientific Supervisor – S.M. Maximov, Ph. D. in Architecture, Assistant Professor

Yaroslavl State Technical University

The article explores the emotional impact of architecture and space on people.

Keywords: *architecture, psychology, human, city, emotion, feeling.*

Город… Пыль дорог, серые однотипные многоэтажки, невзрачность жилой застройки, озеленение, толком не организованные дворы…Мы каждый день сталкиваемся с городом. С его эмоциями, с движением, жизнью. Город, каким бы он ни был, наполняет нас, отражается на нас, как в зеркале. Мы – то самое состояние, которое он передает. Любой архитектор знает, что в проект вкладывается эмоция, которая в последствии передается населению через спроектированные объекты, памятники, сооружения, парки и т.д.

Эмоция – это очень сильный фактор, который влияет на нас со всех сторон. Мы живем, мы чувствуем и ощущаем. И архитектура будет первым элементом, который так или иначе выплескивает свою эмоцию в люди. А все потому, что мы живем в ней, все пространство вокруг нас – это архитектура.

Архитектура – это эстетически организованное пространство. Она должна воспитывать нас. Не обязательно знать всю историю ее возникновения и прочего, что касается глубоких познаний в архитектуре. Нет,

стоит лишь, уметь обращать внимание на то, что происходит вокруг, получать от этого энергию, удовлетворение для души. Архитектура должна быть заряжена сильной эмоцией автора, которая разыграет в человеке бурю лишь от одного взгляда, от мгновения, от столкновения, от конфликта между человеком – живой материей и архитектурой – масштабностью, грандиозностью, эффектностью. Человек должен захотеть снова и снова возвращаться сюда, чтобы вновь ощутить тот прилив чувств, чтобы для него это место стало чем-то значимым и весомым. Чтобы именно в этом месте он находил умиротворение, спокойствие, легкость для души и тела, чтобы получить эстетическое удовольствие, и возможно, духовное просветление. Человек воспринимает архитектуру телом, чувствует ее телом.

Когда мы говорим об эмоциях, возникает вопрос "а откуда они берутся?". На самом деле, это очень интересный вопрос. Эмоции не материальные, мы не можем их потрогать, попробовать на вкус. Мы можем их ощутить, почувствовать внутри себя. Эмоция - это импульс, который возникает в результате химических соединений нейронных связей в нашем головном мозге. Мы можем ощущать эмоцию, например, когда увидим что-то такое, от чего захватывает дух, распространяются мурашки по коже, покалывание на кончиках пальцев. Это и есть проявление эмоции. Мы можем этого не замечать, потому что это становится настолько обыденным и привычным, что нет необходимости заострять на этом внимание. На самом деле, эмоции нас строят, это наш строительный материал, нашего характера, нашего поведения, нашего отношения к миру. Люди творческих профессии просто обязаны вкладывать в свои произведения эмоции. Иначе, любая работа станет безликой, не будет интересовать, к ней не захочется снова вернутся и почувствовать что-то необычное. Каждая линия, знак, дерево, лавочка, дом, интерьер, здание, во всем есть эмоция. Она должна соответствовать роду деятельности, который потом будет действовать в этом помещении, сооружении, улице и т.д.

Например, что можно сказать о лавочке? Она должна быть теплой, и в прямом и в переносном значении, уютной, чтобы захотелось на нее присесть. Она может быть обычным бревнышком, очищенным, без сучка без задоринки, чистым, ухоженным. Возможно, она будет приятно пахнуть смолой и деревом, что притягивало бы еще больше. Только представьте, у человека, живущего в загрязненном городе, появляется возможность на минутку очутиться в лесу, в сосновом, в еловом, в любом. Разве это не прекрасно? А все потому, что архитектор (который создал дизайн этой самой лавочки), а позднее столяр, сохранят эмоцию и вложат новые. Даже у дерева есть своя эмоция и оно принесет ее с собой, она будет запечатлена в нем на века и будет сохраняться, если и к лавочке относится с любовью, с которой она была сделана для людей.

Когда меняется город, меняются и люди. Они сами захотят развиваться и совершенствоваться, чтобы соответствовать уровню своего города. Архитектура начинается со стремления человека выстроить здания для своей жизни, работы, отдыха, а также культурных и духовных потребностей так, чтобы они были не только удобны, но и красивы. Когда же эти здания уже построены, они начинают воздействовать на человека физически и эмоционально, влияют на его настроение и состояние, воспитывают его, формируют мысли и поведение. Как сказал Уинстон Черчилль, «сначала мы строим наши дома, а потом они строят нас».

Серая городская монотонность наводит тоску, неудовлетворенность жизнью, вызывает чувство усталости, безысходности. Напротив, красивый, гармоничный ландшафт с элементами природы и искусства восхищает человека, поднимает его настроение и работоспособность, снимает стрессы. Открытые и закрытые пространства также немало влияют на людей. На открытом пространстве человек чувствует себя спокойнее и увереннее, а в полуоткрытых и закрытых наоборот, очень напряженно и настороженно. Поэтому в городах необходимы широкие улицы, парковые зоны, лавочки, призванные помочь человеку снизить темп жизни после рабочего дня и восстановить свои душевные и физические силы. Человек должен жить в гармонии с природой и будет очень нелогично разделять их.

Линии и формы оказывают различное влияние на психику человека. Например, горизонтальная линия воспринимается легче всего и вызывает чувство спокойствия и удовлетворения. Вертикальная линия воспринимается труднее. С другой стороны, она вызывает устремление ввысь, стремление к духовному совершенствованию, новым идеям и большим достижениям. Ломаная линия заставляет глаз неожиданно менять направление и потому раздражает, вызывает чувство напряжения, тревоги. Плавная линия позволяет глазу скользить, меняя направления постепенно, и не вызывает такого сильного напряжения, доставляя эстетическое удовольствие.

Правильное городское планирование способно даже уменьшить количество грязи на улицах, что тоже благотворно сказывается на настроении людей. Улицы должны быть немного выше, чем обочины, чтобы дождь не смывал на них землю, которую машины разносят потом по всему городу. Идеально было бы все открытые участки земли засеять травой или покрыть плиткой, которая смотрится лучше, чем асфальт. Тогда земля не поднималась бы пылевым вихрем, оседая в наших домах. А у пешеходов не возникало бы желания сорить на чистых улицах. Настроение всегда сказывается на поведении. Определенное влияние на человека оказывает и материал, из которого построены здания. Так, деревянная архитектура вызывает одни чувства, а железобетонные конструк-

ции – другие. Архитектура может изолировать неприятный шум и усиливать приятные для нас звуки (акустика в храмах). Не малое значение в себе несет и цвет. Холодные цвета воспринимаются по-своему и чувства от них будут свои, теплые же цвета воспринимаются совсем иначе. Они – две противоположности. Каждый цвет несет в себе свою мысль, идею. Легкие, приятные цвета воспринимаются гораздо легче и положительнее, чем кричащие и через чур яркие. Они также влияют и на наше поведение. Какие-то цвета будут делать нас агрессивнее, а какие-то успокаивать и положительно влиять на работу.

Каждый город, в котором мы живем, наполнен эмоциями, чувствами, которые, в первую очередь, отражаются на нас. Так как большую часть информации об окружающем пространстве человек получает через органы зрения. Следует вдумчиво подходить к созданию архитектурных форм, которые должны быть не просто самовыражением архитектора и стремлением к оригинальности, но и призваны служить людям, делая их жизнь максимально комфортной физически и эмоционально.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Архитектура и эмоциональный мир человека / Г.Б. Забельшанский, Г.Б. Минервин, А.Г. Раппапорт, Г.Ю. Сомов. М.: Стройиздат, 1985. 208 с.
2. Пространство архитектурной среды в гештальтпсихологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://dodiplom.ru/ready/112844, свободный.
3. А.Г. Раппопорт, Эмоции и профессиональное сознание архитектора [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://archi.ru/lib/publication.html?id=1850569399&fl=5&sl=1, свободный.

УДК 72

ПРИМЕНЕНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ И ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ В РАМКАХ ПРЕЗЕНТАЦИИ УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ

Е.С. Крылова

Научный руководитель - Н.Н. Кудряшов, профессор архитектуры, заведующий кафедрой архитектуры

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются технологии дополненной и виртуальной реальности, их отличие друг от друга, плюсы использования в архитектурной презентации. Приводится пример использования технологий в презентации учебного проекта.

***Ключевые слова**: виртуальная реальность, дополненная реальность, презентация архитектурных проектов.*

APPLICATION OF AUGMENTED REALITY AND VIRTUAL REALITY IN ARCHITECTURE AS PART OF THE PRESENTATION OF TRAINING PROJECTS

E.S. Krylova

Scientific Supervisor – N.N. Kudryashov, Professor of Architecture, Head of the Department of Architecture

Yaroslavl State Technical University

The paper examines technologies of augmented and virtual reality, their difference from each other, the advantages of using in an architectural presentation. An example of the use of technology in the presentation of a training project is given.

***Keywords:** virtual reality, augmented reality, presentation of architectural projects.*

Жизнь современного человека, особенно студента, невозможно представить без взаимодействия с электронными гаджетами и компьютерами. Виртуальная реальность существует параллельно с нашей реальностью, взаимодействуя с ней и взаимопроникая друг в друга.

Дополненная реальность (augmented reality, AR) – введение дополнительных визуальных данных для расширения сведений об окружении и улучшении их восприятия.

Виртуальная реальность (искусственная реальность, virtualreality, VR) – созданный посредством технических приспособлений мир, взаимодействующий с человеком через его ощущения. Взаимодействие обусловлено имитацией воздействия на человека и ответными реакциями на это воздействие.

AR и VR – различные понятия, AR вносит искусственно созданные элементы в восприятие окружающего мира, а VR создаёт другой – «искусственный мир».

Понятие искусственной реальности создано в 1960-е Мойроном Крюгером. Первые прототипы VR-устройств создавались для игровой индустрии и как симуляторы для полётов. В наше время VR также большей частью разработок направлено на развитие гейм-индустрии, но получило широкое применение и в других сферах жизни и деятельности.

Дополненная реальность, как пространство между виртуальностью и реальностью, было описано в 1994 году Полом Милгром и Фумио Кисино. Широкое развитие технология получила также в гейм-индустрии, но её применение встречается и в повседневной жизни. Применение в кинематографии, телевидении, медицине, военном деле дополненной реальности расширило возможности человека и упростило часть сложных операций.

В архитектуре VR и AR позволяют погрузиться в проект, посмотреть на него изнутри без привязки к компьютеру или ноутбуку. Большим плюсом данных технологий является возможность донести до человека информацию, независимо от его местонахождения. Для зрителя не требуется умение использования 3d программ для проектирования чтобы увидеть проект, оказаться в нём и взаимодействовать с ним. Часто достаточно смартфона или планшета с установленными программами воспроизведения VR или AR.

Развитие компьютерной индустрии и технологий с каждым годом упрощает создание объектов для VR и AR, что делает их доступнее для людей, в том числе и для студентов. На практике применение VR и AR технологий, при работе с учебными проектами для студентов-архитекторов, позволяет выйти за рамки плоских изображений и перейти в объёмное восприятие пространства.

В рамках создания своего дипломного проекта, для его презентации, я использовала дополненную и виртуальную реальность. Я проектировала киноцентр с большим количеством помещений и объёмов, что трудно представить на бумаге в виде чертежей и визуализаций. Для презентации проекта наиболее подходил метод «вживания в роль» - когда ты

представляешь себя посетителем – что ты увидишь и куда захочешь пойти. Подобное возможно при проектировании в 3d программе, но сложно передать в визуализациях и планах. Для погружения зрителя в проект были использованы сферические панорамы двух главных площадей комплекса. Доступ к ним был у любого пользователя смартфоном или планшетом, оснащенным камерой и сканером штрих-кодов. На подаче проекта были размещены QR-коды, при сканировании которых можно попасть на панорамы площадей комплекса, как в популярных сервисах гугл-панорам и яндекс-панорам. Для ориентирования в общем объёме проекта была применена программа для телефона с дополненной реальностью. При сканировании специально разработанной для проекта программой логотипа киноцентра, являющегося меткой для приложения, можно увидеть 3d модель комплекса, взаимодействовать с ней – увеличивать, уменьшать и вращать в любом направлении. Использование VR и AR в презентации позволило мне более полно раскрыть проект и поделиться своим видением объёмов в проекте.

Перспективы применения технологий VR и AR в архитектуре велики – это не только возможность увидеть проекты, здания и сооружения в объёме, но и возможность оказываться в них, взаимодействовать с ними, изменять их и делиться своими идеями и представлениями на расстоянии. Создание единого визуального виртуального инфопространства для архитекторов и проектировщиков позволит сократить объём бумажной работы с проектом и повысить лёгкость его восприятия и понимания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виртуальная реальность [Электронный ресурс]. Режим доступа: ru.wikipedia.org/wiki/Виртуальная_реальность (дата обращения: 24.02.2018).
2. Дополненная реальность [Электронный ресурс]. Режим доступа: ru.wikipedia.org/wiki/Дополненная_реальность (дата обращения: 24.02.2018).
3. Дополненная реальность: мобильные архитектурные приложения будущего [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://archspeech.com/article/dopolnennaya-real-nost-mobil-nye-arhitekturnye-prilozheniya-budushhego (дата обращения: 24.02.2018).

УДК 712.25

АРХИТЕКТУРА В МУЛЬТИПЛИКАЦИИ: ОБРАЗНОЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

В.А. Крючкова, Е.В. Синицына

Научный руководитель – Е.В. Синицына, канд. ист. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье исследуется раскрытие образа и роль архитектуры в анимационных картинах. Рассматриваются мультипликационные техники представления архитектурных сооружений как для мультфильмов, так и для профессиональных подач проекта.

Ключевые слова: *архитектура, здания, анимация, мультипликация, техники мультипликации, рисованная анимация, кукольная анимация, компьютерная анимация, 3Dанимация, архитектурные проекты, подача.*

ARCHITECTURE IN ANIMATION: FIGURATIVE AND PROFESSIONAL PRESENTATION

V.A. Kruchkova, E.V. Sinitsyna

Scientific Supervisor – E.V. Sinitsyna, Candidate of History, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article investigates the disclosure of the image and the role of architecture in animated presentations. Animation techniques in representation of architectural constructions both for cartoons, and for professional demonstration of the project are considered.

Keywords: *architecture, buildings, animation, animation techniques, hand-drawn animation, puppet animation, computer animation, 3D animation, presentation of architectural projects.*

Мультипликация или анимация как отрасль кинематографа представляет собой синтез различных видов искусств, где свою особую нишу занимает архитектура. Она может быть не только частью анимации, но и сама по себе представлена за счёт мультипликационных технологических средств.

За годы развития мультипликации появились различные техники её создания. Существуют классическая, стоп-кадровая, компьютерная анимации, которые подразделяются на более частные виды в зависимости от определённых приёмов, технологий и материалов. В рамках каждой из этих техник аниматоры пытались передать особый архитектурный образ, несущий свои цели и задачи в анимационной картине.

Архитектура мультипликационного произведения способна передавать особенности исторических эпох, быть художественным отображением культуры прошлых лет. Так в советских мультфильмах рубежа 1940-50-х («Друзья-товарищи», «Цветик-семицветик») важным фактором, определившим их образный ряд, стала находившаяся в зените сталинская культура. Целью аниматоров стало изображение в технике реализма вымышленного, идеального по их представлению пространства. Мультфильмы наполнены яркими пейзажами несуществующего советского мира: в них сочетаются подробные детали реалий тех лет с долей сказочного преобразования – изобилием высотных сталинских сооружений, богато цветущих садов и парков. Образ преобразованной территории СССР, воплощенный художественными средствами – это наиболее цельный, гармоничный элемент сталинской культуры, прямая проекция в будущее коммунистической страны.

Архитектура в мультипликации может быть преобразована для создания просчитанных реалий другого мира, чтобы существование мультипликационных персонажей в нём не было затруднительным. Благодаря этому зритель погружается в детально продуманную и интересную Вселенную, которую можно спутать с иной реальностью. Ярким примером является мультфильм компании Pixar «Университет монстров», созданный с помощью 3D анимации. При проектировании кампусов монстрического университета были учтены габариты студентов, их вес, рост, внешний вид и способ передвижения. Различные размеры дверных проёмов, многоуровневые ступени, посадочные жерди на окнах – всё для удобства студентов различных мастей. Монстрическая принадлежность зданий подчёркнута особыми элементами декора, напоминающими рога, клыки, глаза и шипы.

Архитектура может создавать определённую атмосферу, придавая картине свой шарм и настрой, что можно наблюдать в анимационных картинах Тима Бёртона. Его кукольная анимация («Франкенвини», «Кошмар перед Рождеством») гипнотизируют зрителя с первых минут, а яркие образы надолго врезаются в память. Визуальную мрачность его мультфильмов создает как дизайн персонажей, так и архитектура. Готические тёмные замки, полуразрушенные сооружения из камня, гнутые решётки и вытянутые окна – всё это поддерживает общую атмосферу мультфильмов Бёртона.

Помимо художественного назначения архитектура может символически отражать смысл произведения, его философскую составляющую. Тема отношения к жизни, затронутая в мультфильме Тима Бёртона «Труп невесты» раскрывается не только на основе поведения персонажей, но и на основе контраста архитектуры мира живых и мёртвых. Серые, однотипные здания городка живых подчёркивают гнетущее существование его жителей. Равнодушных и погрязших в рутине. В погоне за статусом и богатством некоторые люди утратили способность сострадать, любить и просто радоваться жизни. В загробном мире наоборот – яркие и эксцентричные герои просто наслаждаются существованием после смерти, не утратив свою человечность. Поэтому архитектура меняет свой характер и дополняет этот мир своими искажёнными, динамичными формами. Кривые переулки, гнутые арки и деформированные жёлтые окна загробного мира создают притягательно жутковатый, безумный и яркий потусторонний мир, в контрасте с со статичным и скупым миром живых.

С течением времени роль архитектуры от статичного бэкграунда в анимационных картинах переросла в нечто большее и даже смогла занять нишу главного героя повествования. В мультипликационном фильме Гила Кинана «Дом-монстр» аниматоры смогли с помощью конструктивных и декоративных элементов передать живой образ человекоподобного здания, не нарушив целостности композиционных форм.

Архитектура существует в мультипликации как неотъемлемый, но всё же дополняющий элемент, на котором не сконцентрировано всё внимание зрителя. Более того, анимационные картины в медиа сфере не направлены на практическое применение и реализацию архитектурной составляющей. Однако, сферы архитектуры и мультипликации имеют заметную двустороннюю связь. Именно благодаря технологиям 3D-моделирования и визуализации, усовершенствованным в анимационной практике, стало возможно эффективное создание проектов зданий и сооружений. Даже самое сложное строение может быть спроектировано с исключительной степенью реалистичности.

3D анимация архитектурных объектов является самым передовым способом провести презентацию задуманного строительного проекта. Созданная на основе чертежей и планов трёхмерная модель помещается в определённую окружающую среду и погодные условия. Видеоролик позволяет представить объект в различных ракурсах, гармонично существующего в городской или природной среде. Подобная анимация, направленная на достоверное качественное представление будущего сооружения, также помогает начать эффективную рекламную компанию. Для архитектора это выгодный способ представить свой проект заказчику или привлечь инвесторов до непосредственной реализации объекта. Отметим, что видео-презентации, выполненные в виде анимационного ролика, да-

ют определённое преимущество при подаче проекта. Подобная презентация своей работы всегда приветствуются (а иногда требуется) в конкурсных мероприятиях и повседневной практике архитектурных бюро.

Кроме анимационного видеоролика архитектурного сооружения возможно создать интерактивную динамическую картинку. Зритель может прокрутить её со всех сторон, нажать мышью на любую деталь, в результате чего выйдет дополнительная информация, фотография или даже 3D-панорама.

По мнению режиссера-мультипликатора Тодора Динова «мультипликация начинается там, где кончаются возможности других видов искусств» и с этим нельзя не согласиться. Возможности рисованной, кукольной и компьютерной мультипликации так велики, что границы их действительно трудно определить. «Оживляя» рисунок и неодушевленные предметы, создавая новый мир из исключительных героев, пейзажей и архитектуры, мультипликатор способен воплотить любой замысел, доступный человеческой фантазии. Поэтому в мультфильмах мы можем наблюдать уникальную архитектуру, выполненную в различных техниках. Любые изображённые архитектурные сооружения играют свою значимую роль в анимационной картине: они формируют особую среду, передают необходимое настроение, несут исторический и сюжетный смысл в мультфильме. Более того, благодаря технике 3D-моделирования архитекторы могут выгодно демонстрировать свои проекты в технике анимации.

Таким образом, мультипликация сослужила хорошую службу не только в кинематографической сфере, но и в архитектурном проектировании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кривуля Н.Г.* Аниматология: Эволюция мировых аниматографий. В 2-х томах. М., 2012.

2. *Кривуля Н.Г.* Эволюция художественных моделей в процессе развития мировых аниматографий: Автореф. дисс. ... докт. искусствоведения: 17.00.03 / [Место защиты:Всерос. гос. ин-т кинематографии им. С.А. Герасимова]. М., 2009.

УДК 712.25

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЛЕСОПАРКОВЫХ ЗОН В ЗАРУБЕЖНОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ В СВЕТЕ ЗАДАЧ РЕОРГАНИЗАЦИИ НЕИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ ЛЯПИНСКОЙ ГРЭС Г. ЯРОСЛАВЛЯ

Д.А. Макеева, Е.В. Синицына

Научный руководитель – Е.В. Синицына, канд. ист. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье анализируется опыт создания лесопарковых зон в зарубежной и отечественной архитектурной практике. Рассматриваются основные принципы и возможности применения этого опыта для реорганизации неиспользуемой природной территории Ляпинской ГРЭС (Заволжский район г. Ярославля).

Ключевые слова: *организации рекреационного лесопользования, ландшафтно-архитектурная, планировочно-пространственная организация лесных пригородных территорий на экосистемных принципах, Ляпинская ГРЭС, г. Ярославль.*

EXPERIENCE IN THE CREATION OF FOREST PARK ZONES IN FOREIGN AND DOMESTIC PRACTICE IN CASE OF THE REORGANIZATION OF UNUSED NATURAL LYAPINSKAYA GRES IN YAROSLAVL

D.A. Makeeva, E.V. Sinitsyna

Scientific Supervisor – E.V. Sinitsyna, Candidate of History, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article analyzes the experience of creating forest park zones in foreign and domestic architectural practice. The main principles and possibilities for using this experience toward to reorganization of the unused natural territory of Lyapinskaya GRES (Zavolzhsky district of Yaroslavl) are considered.

Keywords: *recreational forest management, landscape-architectural, planning-spatial organization of forest suburban areas on ecosystem principles, Lyapinskaya GRES, Yaroslavl.*

Восстановление и развитие лесопарков городских территорий с учетом потребностей горожан в отдыхе, оздоровлении, экологическом просвещении, а также сохранении и повышения устойчивости лесных насаждений является задачей исключительной рекреационной и экологической значимости. В лесопарковую зону включаются лесные участки, расположенные в живописной местности, в радиусе 10-15 км от города, вблизи железных и шоссейных дорог, рек и водных бассейнов, являющиеся излюбленным местом отдыха жителей, а также лесные массивы, которые посвоим эстетическим достоинствам превосходят другие насаждения.

На территории Ярославля также есть несколько территорий, на базе которых возможно создание лесопарка с разбивкой на свои функциональные зоны. Она из них – территория Ляпинских карьеров, – группа из нескольких разных по глубине и доступности озер, расположенная на 200 Га сразу за Нижним поселком В 20-х гг. XX в. здесь по плану электрификации была построена Ляпинская ГРЭС. Топливом для нее стал торф, огромные залежи которого располагались рядом, на Ляпинском болоте. После того, как был построен целый ряд новых электростанций, «Ляпинка» утратила свои функции, была возведена новая котельная, а старая была навсегда остановлена. 10-12 лет назад экосистема Ляпинских карьеров была нарушена решением обеспечить водой для полива садоводческий комплекс (кооператив) «Березка». На водоемах прекращен искусственный подогрев, обе канавы загрязнены мусором и заилились.

Для разработки предпроектных предложений по созданию лесопарковой зоны «Ляпинка» был проанализирован опыт успешной организации шести подобных объектов в России и за рубежом. Два – традиционного направления, – Амстердамс Бос 895 Га (Нидерланды) и Кунратицкий лес 300 Га (Чехия), два примера реорганизации индустриальной зоны 240 Га Duisburg Nord Park (Германия) и Houtan Park 14 Га (Китай), а также образцы рекреационно-туристических зон и просветительских научных центров на базе российских национальных парков «Мещера» 23 тыс. га (Владимирская обл.) и «Угра» 100 тыс. га (Галкинские болота, Урал).

Лесопарки **Амстердамс Бос** и **Кунратицкий лес** традиционны по набору предлагаемых услуг для активного и пассивного отдыха: имеют разветвленную до 200 км сеть дорожек – пешеходных, для бега трусцой (грунтовые), велосипедных и для катания на роликах дорожек (асфальт), зимой – лыжные трассы. Вдоль дорожек для бега устроены различные балансиры для физических упражнений, турники, гимнастические кольца. Парк оборудован множеством игровых площадок и мест для пикника. Для детей проводятся интересные мероприятия, наиболее популярным считается «Фестиваль сожжения ведьм» (Прага). Активно используются

искусственные и естественные водоемы. Ежегодное посещение – 7 млн. туристов.

В 1991 г. на территории бывшего металлургического комбината в Дуйсбурге, открылся необычный ландшафтный **Duisburg Nord Park (Германия)**. Ежегодное посещение – около 500 тыс. гостей. Активисты-экологи выступили с инициативой открыть на территории завода парк, но не обычный, а использующий в качестве основы уже имеющийся индустриальный ландшафт. Парк был придуман одним из основателей немецкого бюро Latz&Partner. Посещение Duisburg Nord Park входит в «Туристский маршрут индустриальной культуры» протяженностью около 400 км, который объединил 19 памятников промышленного прошлого Рурской области.

В итоге реорганизации территория металлургического комбината имеет в своем арсенале следующие объекты для активного, спортивного, культурного, научно-познавательного отдыха: 1. В бывшем газометре теперь находится дайвинг-центр, где аквалангисты опускаются на дно – и плавают среди искусственных коралловых рифов, время от времени натыкаясь на обломки кораблей, автомобилей и самолета. 2. На месте старой электростанции – театр на 700 мест, здесь проходят перформансы современных мастеров и музыкальные концерты, собирающие многотысячную аудиторию, проводится международный фестиваль искусств Руртриеннале. 3. Сталелитейный цех переоборудован в развлекательный центр. 4. В цехе, где раньше резали металл, сейчас работает кинотеатр под открытым небом. 5. Бетонные стены различных сооружений бывшего комбината облюбовали любители скалолазания и паркура, профессиональные альпинисты-члены немецкой Федерации альпинизма и просто любители занимаются здесь горной подготовкой. 6. Бывшая доменная печь № 5 стала смотровой площадкой, с которой открываются прекрасные виды на Дуйсбург и его окрестности.

В 2010 г. практически в центре Шанхая на прибрежной линии, растянувшейся вдоль р. Хуанпу, был создан **Houtan Park** – это ландшафтный проект реорганизация промышленной зоны, принадлежавшей металлургическому заводу, верфям и некоторым другим индустриальным структурам. На полузатопленном берегу, представлявшем собой заросшее камышом болото, десятилетиями закапывался или сваливался под открытым небом различный мусор. Городские власти (исп. архитектурная компания «Turenscape») решили создать ландшафтный парк, имитирующий естественное болото, и аргументировали свои действия тем, что и болотистый пейзаж тоже имеет свою прелесть (Всемирный архитектурный фестиваль 2010 г., Барселона, I место в номинации «ландшафтная архитектура»).

Национальный **парк «Мещера»** имеет узкую направленность – практически-научную для ученых-экологов и научно-просветительскую

для туристов. «Визитной карточкой» парка являются уникальные болотные массивы, общей площадью более 23 тыс. Га. Цель парка «Мещера» – информирование и экологическое просвещение населения по вопросам сохранения и восстановления болотных экосистем.

Национальный **парк «Угра»**, Галкинские болота, предлагает для туристов более 20 маршрутов (пеших, конных, автомобильных) с самой различной тематикой – рыбалка, «тихая охота», сбор ягод, русская баня, русская кухня и т.п., построены три туристические базы, гостиница, обустроены места для проживания в собственной палатке.

В нашем случае, для того, чтобы сделать Ляпинские карьеры и территорию Ляпинской ГРЭС зоной отдыха для горожан, необходимо восстановить экосистему данного района. Озера и каналы должны быть очищены от мусора, нужно предотвратить их зарастание. Кроме того, ограничить близость застройки жилыми кооперативами и многоэтажными домами прибрежной зоны водоемов. Для благоустройства данной территории необходимо разработать проект дренажной системы, освещения, расположения дорожек – пешеходных, велосипедных, для конных прогулок. Необходимо также определить территории для кемпинга и зоны для пикников, пункты проката необходимого инвентаря (палаток, мангалов, рыболовного снаряжения, велосипедов и п.т.). Прокат можно устроить и для снаряжения зимних видов спорта, так как эта территория и зимой не должна пустовать. В здании ГРЭС – объекта культурного наследия регионального значения (памятник промышленного конструктивизма) можно открыть общедоступный музей и просветительский экоцентр.

Таким образом, преобразование территории Ляпинских карьеров на основе уже существующих примеров российских и зарубежных лесопарков с их функциональным зонированием позволит как сохранить уникальную природу этих мест, так и привлечь горожан к приятному отдыху в живописных местах Ляпинских карьеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаврилов Г.М.* Благоустройство лесопарков / Г.М. Гаврилов. М.: Агропромиздат, 1987.
2. *Николаев В.А.* Ландшафтоведение эстетика и дизайн / В.А. Николаев. М.: АСПЕКТ ПРЕСС, 2003.
3. *Палентрейер С.Н.* Садово-парковое и ландшафтное искусство / С.Н. Палентрейер. М., 2003.

УДК 721.021.23

АРХИТЕКТУРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ИГРОВЫХ ДВИЖКАХ

А.А. Мерекин, Т.А. Сиротина

Научный руководитель – Т.А. Сиротина, канд. культурологии, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются положительные и отрицательные моменты метода подачи архитектурного проекта с помощью игровых движков.

Ключевые слова: *архитектурная визуализация, игровой движок, виртуальная реальность*

ARCHITECTURAL VISUALISATION WITH A VIDEO GAME ENGINES

A.A. Merekin, T.A. Sirotina

Scientific Supervisor – T. A. Sirotina, Ph.D. in Cultural Studies, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article considers positive and negative aspects of the method of presentation an architectural project with a video game engines.

Keywords*: architectural visualization, game engine, virtual reality*

Впоследниегодыархитектурнаявизуализацияисталаширокораспространеннымответвлениемпрофессииархитектора. Заказчик гораздо лучше понимает фотореалистичные картинки, нежели чертежи. С сегодняшним развитием технологий способ подачи эволюционирует и появляются новые методы визуализации проектов. Так мы подошли к тому, что в наши дни появляется возможность использовать для рендеринга игровые движки, которые раньше использовались разработчиками игр и в производстве визуальных эффектов для фильмов.

В 2015 г. разработчики компьютерной игры GearsofWar сделали бесплатным свой движок UnrealEngine 4. Этот шаг позволил программ-

ной платформе стать по-настоящему междисциплинарным инструментом, предполагающим взаимодействие специалистов в области архитектуры, кинопроизводства и производства видеоигр. В итоге разработчики игр могут у архитекторов узнать, как моделировать здания, а архитекторы могут учиться работать в среде видеоигр, чтобы по-максимуму использовать возможности игровых движков.

Рассмотрим положительные моменты данного метода. Рисунки и статичные изображения никогда не позволяют в полной мере зафиксировать пространственные параметры здания, но метод визуализации на игровом движке позволяет пройтись по зданию, заглянуть в любой его уголок, посмотреть варианты материалов при различном освещении, чтобы принять решение.

Игровые движки в архитектурной визуализации открывают новые возможности для применения очков виртуальной реальности. Раньше их использовали для просмотра сферических панорам, созданных привычными инструментами рендеринга, но при этом способе не обходится без искажений изображения и не получается создать тот самый эффект присутствия.

Так как создание чертежей, рисунков и изображений по-прежнему занимает важную роль в подаче проекта, многие визуализаторы и архитекторы не спешат переходить на реалтайм-презентацию и с неохотой применяют новые инструменты. Получается, что первопроходцы в этой области получают преимущество над конкурентами, когда речь заходит о всестороннем объяснении проекта.

Из предыдущего пункта вытекает отрицательный момент: порог вхождения. Такие методы презентации имеет смысл использовать только на масштабных проектах, поэтому немногие фирмы могут себе позволить потратить время и деньги на обучение людей, адаптацию к новым программам и модернизацию парка машин по причине нерентабельности затрат.

Еще одним недостатком является то, что для игрового движка оптимизация сцены должна быть более скрупулёзной, так как рендеринг происходит в реальном времени и, соответственно, модели должны быть не только достаточно детализированными для нормального восприятия, но и достаточного простыми, чтобы не превысить ресурс компьютера.

Так как игровые движки изначально не предназначались для визуализации архитектуры, то часто прослеживаются четкие стилистические отличия от фотореалистичной архитектурной визуализации.

По мере того, как такие программные пакеты продолжают развиваться и становиться более интуитивными, их привлекательность как для заказчика, так и для архитектора растет, т.к. сокращается время разработки проекта и, соответственно, стоимость работы. В итоге данный способ

визуализации может в будущем получить широкое применение и стать полноценной частью подачи архитектурного проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архитектурная визуализация на Unreal Engine: В каких отраслях могут пригодиться игровые движки[Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vc.ru/14072-architecture-design, свободный.
2. Архитектурная визуализация в UnrealEngine 4 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habrahabr.ru/post/253503/, свободный.
3. Архитектурная визуализация в UnrealEngine[Электронный ресурс]. Режим доступа:
https://3ddd.ru/blog/post/arkhitiekturnaia_vizualizatsiia_v_unreal_engine_rukovodstvo_dlia_novichkov, свободный.

УДК 72.025.5

РЕВИТАЛИЗАЦИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

А.И. Савчук, Н.Н. Кудряшов

Научный руководитель – Н.Н. Кудряшов, профессор архитектуры

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается проблема использования существующего городского пространства, его насыщение и преобразование.

Ключевые слова: *Ревитализация, реновация, буферные зоны, функциональное зонирование*

REVITALIZATION OF THE URBAN ENVIRONMENT

A.I. Savchuk, N.N. Kudryashov

Scientific Supervisor – N.N. Kudryashov, Professor of Architecture
Yaroslavl State Technical University

The article deals with the problem of using the existing urban space, its saturation and transformation.

Keywords: *Revitalization, renovation, buffer zones, functional zoning*

Мы все чаще слышим вокруг слова с приставками «РЕ-»: Нам требуются РЕформы, РЕновации в производстве, РЕтрансляция сигнала, РЕвитализация городской среды, РЕконструкция здания. Что же означает это решительное «РЕ-», которое заполонило все сферы деятельности в современном мире. Приставка «РЕ-» переводится с латыни как «пере» или «вновь, обратно», это действие, направленное на восстановление, повторение и усовершенствование какого-либо процесса. Происходят все слова с приставкой «РЕ-», по той простой причине, что людьми накоплено множество знаний, огромный опыт, понимание и переосмысление всего, что сделано ранее. В связи с этим, человечество, как и любой организм, стремиться к усовершенствованию всего что имеет, а значит и к грамотному использованию уже проведенной за нас предками работы.

С архитектурной точки зрения остро стоит вопрос грамотного использования городского пространства, сформировавшегося к нашему

времени. Существует несколько направлений роста и развития города: увеличение территорий по периферии, разработка внутригородских пространств, считавшихся ранее не пригодными для расселения и строительства (буферные зоны фабрик и заводов, заболоченные территории), уплотнение городской застройки (чаще всего за счет уменьшения рекреационных и внутридворовых пространств), рост города вверх (многоэтажное строительство). Но, как ни странно, очень редко встает вопрос о реконструкции, реновации и приспособлении внутригородских территорий находящихся в упадке. На сегодняшний день сильно размылись границы функционального зонирования городов, фабричные и заводские зоны оказались внутри городской застройки, перемещаясь из района в район горожане вынуждены пересекать их каждый день. В советское время промышленность поддерживала и финансировала создание парков отдыха, скверов, туристических баз, домов культуры и спорта, но с утратой мощностей производства и переходом части заводских территорий на баланс города ситуация осложнилась. А инвесторы не видят путей развития для заброшенной, ветхой, но в то же время колоритной застройки конца XIX-XX века. Задача архитектора предложить им увидеть этот путь.

Комплексный подход к реновации территорий и реконструкции зданий позволяет превратить заброшенные фабрики, заводские помещения и другие старые неиспользуемые здания в комфортабельные зоны отдыха, культурно-зрелищные и концертные площадки, торговые или современные офисные центры, в различные спортивные объекты. А бережное отношение к историческому облику города требует сохранения уцелевших аутентичных частей и конструкции зданий, имеющих историко-архитектурную ценность, но при этом широко варьировать внутренний дизайн и назначение помещений.

Реновацию можно считать альтернативой сносу зданий и возрождением былого духа места (лат. *genius loci*), ведь заброшенные постройки зачастую являлись знаковыми доминантами в городской среде квартала или даже города. Ревитализация среды в большом городе позволяет рационально использовать имеющиеся ресурсы и площади.

Качественные общественные пространства позволяют смягчить падение уровня жизни людей за счет возможности использования общедоступных (бесплатных, или же бюджетных) благ, они являются связующим звеном между разными слоями общества.

Для успешной ревитализации городов необходимо следующее:

1) Грамотный анализ территории и построек входящих в состав программы, натурные обследования конструкций всех зданий и сооружений, составление нескольких сценариев развития территории исходя из

потребностей населения города, а главным образом территорий соседствующих с объектом ревитализации.

2) Проект должен быть открытым для горожан. Людям должна быть представлена архитектурная и экономическая модель нового пространства.

3) Проекты должны иметь поступательный характер и быть рассчитаны на долгосрочное развитие и реализацию, с учетом меняющейся экономической ситуации и в рамках разработанного бюджета.

4) Реализовывать сначала не крупные проекты, а мелкие, возможно даже временные, открытые для посещения павильоны, выставки, торгово-развлекательные ярмарки, арт-объекты и инсталляции. К таким проектам необходимо привлекать спонсоров, предпринимателей, художников, скульпторов, архитекторов, волонтеров и горожан, что позволит внести креативность, подстроить проект под нужды жителей.

5) Финансировать проекты нужно из разных источников, а не только на уровне федераций и регионов. Например, за счет владельцев недвижимости, находящейся рядом с облагораживаемой территорией, т.к. объекты, находящиеся вблизи высокоразвитой, посещаемой большим количеством людей зоны, вырастут в цене после реализации проекта, а также за счет спонсорских денег крупных строительных компаний и средств и сил горожан.

6) Нужно рассматривать новые пространства как источник пополнения городского бюджета. Необходимо создание новой структуры, занимающейся экономической частью, организацией и управлением такого рода городскими пространствами.

7) Создать символ (логотип) пространства, задать ему актуальную для города тему.

Город сейчас основная структура для формирования личности и интересов людей, чем больше возможностей для развития и совершенствования человека может дать город, тем больше в нем численность населения, а значит и выше экономический рост. Именно поэтому в городской среде не может быть брешей и руинированных построек, не должно быть монотонности и закрытости. Город- это целостная среда обитания, уделяющая внимание каждой своей клеточке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы теории градостроительства / З.Н. Яргина, Я.В. Косицкий, В.В. Владимиров, А.Э. Гутнов, Е.М. Микулина, В.А. Сосновский [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.twirpx.com/file/530060/

2. Среда обитания человека [Электронный ресурс]. Режим доступа:: https://geographyofrussia.com/sreda-obitaniya-cheloveka/
3. *Карпова Е.В.* Влияние архитектурной среды на психологическое состояние человека / Е.В. Карпова, М.А. Мищенко, С.Б. Поморов // Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова. № 1-2 2015. Режим доступа: http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/va2015_01_02/pdf/212karpova.pdf
4. *Филин В.* Глаз не любит гомогенного поля//Вести союза архитекторов России № 9, 1998, с. 11-12. Режим доступа: http://www.irbis.tomsk.ru/fulltxt/47903.pdf
5. *Иконников А.В.* Функция, форма, образ в архитектуре. М.: Стройиздат, 1986. 288 с.
6. Ревитализация городов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://infourok.ru/statya-na-temu-revitalizaciya-gorodov-1733347.html

УДК 72.025.5

РЕНОВАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО ПАРОВОЗНОГО ДЕПО В ГОРОДЕ ДАНИЛОВ

Н.В. Смирнов, А.А. Булатова, Н.В. Хомутова

Научный руководитель – Н.В. Хомутова, канд. архитектуры, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье исследуется актуальность и значимость реновации нефункционирующих промышленных зон на примере паровозного депо в городе Данилов.

Ключевые слова: *заброшенные промышленные территории, реновация, депо, изменение функции, многофункциональное общественное пространство, музейная функция, открытое пространство.*

RENOVATION OF INDUSTRIAL ZONES ON THE EXAMPLE OF DANILOV ROUNDHOUSE

N.V. Smirnov, A.A. Bulatova, N.V. Khomutova

Scientific Supervisor – N.V. Khomutova, PhD in Architecture, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to the problem of renovation relevance of industrial zones on the example of roundhouse in Danilov.

Keywords: *unused industrial zones, renovation, roundhouse, function replacement, polifunctional public space, museums function, open-space.*

Промышленные здания всегда порождают интерес зрителя и притягивают взгляд масштабностью застройки, обособленностью, необычной структурой и коммуникациями. Заброшенные промышленные территории в современной городской культуре становятся объектами индустриального туризма, точками притяжения для различных социальных групп – от современных художников до любителей экстрима, поэтому проблема адаптации подобных территорий особенно остро встает перед современной архитектурой. При создании среды доступной для человека,

такие места открывают огромные возможности не только с точки зрения развития инфраструктуры, культуры города, привлечения туризма, но и с точки зрения инвестирования и экономического развития. Не редко на их основе возникают деловые и культурные центры, концертные площадки, выставочные пространства, кафе, рестораны, жилые и гостиничные комплексы. Кроме этого, реновация промышленных территорий не ограничивается одними лишь зданиями, а затрагивает и окружающее пространство, формируя новые рекреационные зоны в ткани города.

Данилов – небольшой, но активно развивающийся город, на территории которого есть несколько градообразующих предприятий. Одно из наиболее значимых – комплекс Северной железной дороги, в структуру которого входит недействующее локомотивное депо, располагающееся в самом центре города. Это здание и стало предметом нашего дипломного исследования и работы.

В современной архитектуре существует множество примеров преобразования нефункционирующих железнодорожных депо в новые культурные центры. Большинство проектов сочетают в себе музейную и образовательную программу, основанную на железнодорожной тематике: железнодорожные музеи в Киото и Сайтаме (Япония), общественный центр искусства и отдыха Раундхаус (The Round house Community Arts & Recreation Centre) в Ванкувере (Канада), немецкий технический музей в Берлине (Германия). Но есть примеры размещения в таких зданиях ресторанов и художественных галерей, например ресторан Colorado Mountain Brewery в США. Наиболее коммерчески успешный и интересный пример подобной реновации в России - Музей железных дорог России в Санкт-Петербурге, часть которого расположена в историческом здании бывшего локомотивного депо Петергофской железной дороги.

Территория Даниловского локомотивного депо располагается в пешеходной доступности от вокзала и привокзальной площади, с которых начинается знакомство с городом и обладает большим туристическим потенциалом. Комплекс локомотивного депо относится к веерному типу, композиция которого строится вокруг поворотного круга. Само здание построено в 1906 году в стиле эклектика с элементами готической архитектуры и представляет собой объект культурного наследия, рекомендуемый для включения в реестр объектов местного значения. В советское время у здания появились несколько диссонирующих пристроек, была изменена форма кровли, утрачены детали на торцевых фасадах и над въездными воротами, а большинство оконных проемов было заложено. В последние годы на базе депо работали дорожные крановые мастерские, но в настоящий момент здание никак не используется.

Размещение в депо музея железной дороги представляет собой наиболее обоснованный выбор, т.к. оно обладает необходимой инфра-

структурой и историей для размещения локомотивов, в том числе стойлами для поездов с проходящими по зданию путями. Такая функция не противоречит композиции здания и не нарушает ее, а наоборот подчеркивает исторически сложившуюся среду и воплощает genius loci.

В своем проекте мы объединяем территорию депо и находящегося за ним пустыря с зелеными насаждениями, формируя на базе существующих и проектируемых зданий новый общественно-культурный центр города Данилов, направленный не только на привлечение туристов, но и на создание привлекательной среды для местного населения. Важным моментом реновации данной территории будет являться возвращение подлинного исторически достоверного архитектурного облика депо, для чего необходимо убрать диссонирующие типовые пристройки советского периода и воссоздать те решения фасадов и деталировки, которые были присущи ему изначально. Для формирования многослойного силуэта застройки и акцентирования здания депо, предлагаем возведение визуально нейтральных фоновых построек, которые позволят расширить полезную площадь комплекса, разместить там часть основных и сопутствующих функций, а также создать единый ансамбль всей территории.

В основу генплана проектируемого комплекса легла идея центричности и веерного построения композиции, что органично связывает его с существующим контекстом и формирует взаимосвязанную, целостную среду, воспринимаемую визуально как единый комплекс из исторических зданий и нового благоустройства. Проект предусматривает разделение потоков посетителей, необходимость в котором обусловлена фиксированными точками входа на территорию разных групп людей: местных жителей, туристов, студентов колледжа, работников функционирующего железнодорожного цеха.

Функциональная программа комплекса будет включать:

1. Музейное направление – создание нового музея железной дороги с историческими и обучающими экспозиционными маршрутами. Передвигаясь по историческому маршруту, посетитель ознакомится с историей железной дороги, бытом ее работников. Взаимодействуя с интерактивными экспонатами, в том числе и с поездами разных эпох, он примерит на себя роль машиниста локомотива, почувствует себя участником ожившей истории. На обучающем маршруте гость музея увидит механизмы железнодорожных процессов, станет свидетелем их работы и эффектов, узнает о конструкциях и деталях поездов и их предназначении.

2. Обучающее направление – создание новых аудиторий для студентов Даниловского Политехнического техникума, которые проходят обучение по специальностям машинист локомотива и техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог. Комплекс предусматривает обеспечение новейшими тренажерами и симуляторами, интерактив-

ной библиотекой. Кроме этого на базе депо мы предлагаем организовать центр дополнительного образования для детей, представляющий собой программу занятий по образцу детской железной дороги и кружок моделирования поездов.

3. Досуговое направление – создание нового общественного центра, предоставляющего местным жителям различные варианты поведения досуга. Это направление подразумевает создание многофункционального легко трансформируемого пространства, где можно проводить концерты, выступления и временные выставки. На прилегающей территории будет организована парковая рекреационная зона, где местные жители и гости города смогут прогуляться и отдохнуть.

Помимо основных функций данная территория позволяет разместить здесь так необходимые: хостел и кафе, которые будут усиливать и дополнять основную функциональную программу комплекса.

Интерактивность программы и многофункциональность этой территории, воссоздание исторически достоверного архитектурного облика здания депо смогут не только выделить этот объект среди музеев Ярославской области, но и поставить его в ряд с наиболее интересными туристическими объектами в стране. Появление такого комплекса в Данилове создаст благоприятные условия для привлечения инвестирования и развития туризма, а также новые функции в существующую инфраструктуру города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Варламов И.А.* Музей, которого не ожидали [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://varlamov.ru/2656468.html
2. Roundhouse Community Arts & Recreation Centre [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://roundhouse.ca/
3. Kyoto Railway Museum [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.japan-guide.com/blog/sam/160419.html
4. The Railway Museum [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.railway-museum.jp/en/

УДК 72.092

КОНКУРСНЫЙ ПРОЕКТ КРУИЗНОГО ТЕРМИНАЛА В СТОЛИЦЕ ПУЭРТО-РИКО

А.В. Шишков, Н.Н. Кудряшов

Научный руководитель – Н.Н. Кудряшов, профессор архитектуры

Ярославский государственный технический университет

Предлагается проект комплекса из семи зданий, включающий пирсы, три терминала, связанных с лайнерами через трапы, здание таможни, гражданский терминал с торгово- развлекательной функцией, а также отдельно стоящие кинозал и ресторан.

Ключевые слова: *Сан- Хуан, Христофор Колумб, комплекс из семи зданий, терминал, таможня, пирсы, кинозал, ресторан.*

COMPETITIVE PROJECT OF CRUISE TERMINAL IN THE CAPITAL OF PUERTO RICO

A.V. Shishkov, N.N. Kudryashov

Scientific Supervisor – N.N. Kudryashov, Professor of Architecture

Yaroslavl State Technical University

A project of a complex of seven buildings is proposed, including piers, three terminals connected with liners through ladders, a customs building, a civil terminal with a shopping and entertainment function, as well as a separate cinema hall and a restaurant.

Keywords: *San Juan, Christopher Columbus, a complex of seven buildings, a terminal, a customs house, piers, a cinema hall, a restaurant.*

Порт старого Сан-Хуана входит в число 20 крупнейших в мире. Он является самым загруженным портом в Карибском бассейне, при этом нынешняя портовая инфраструктура и недостаточная её ненадёжность делает его не столь комфортабельным для обслуживания посетителей. На данный момент терминал состоит из трех пирсов, принимающих шесть круизных лайнеров одновременно. На двух из них располагаются не имеющие какой- либо архитектурной ценности объемы зданий, которые

больше напоминают самые обычные склады и ангары, нежели неотъемлемую часть объемно- пространственной композиции морского порта.

Исторически открытие острова связано с именем Христофора Колумба, который и дал впоследствии ему название Сан-Хуан. В нынешнее же время так называется лишь столица, а сам остров носит имя Пуэрто-Рико.

Основные задачи при создании круизных терминалов:

1) Оптимизация инфраструктуры комплекса.
2) Определение пятна застройки.
3) Создание необходимого перечня функциональных зон в терминалах и требуемого размера площадей.
4) Учесть дух места.
5) Создание яркого запоминающегося образа проектируемого контекстуального окончания.
6) Вместить максимально возможное количество морских судов на заданной территории.
7) Организовать потоки пассажиров, с разделением на прибывающих/ отправляющихся.
8) Освободить наземное пространство для удобства проездов и стоянок временного хранения автомобилей.
9) Не исключать визуальный доступ к воде, не разрывать направление набережной.

Предлагаемый комплекс морских терминалов образуется из семи зданий, три из которых (терминалы А, В,С) имеют непосредственную связь с круизными лайнерами. Они первыми встречают гостей города и последними их провожают. По этой причине, а также для достижения общего композиционного замысла и выразительного яркого образа эти сооружения должны быть акцентными. Для создания обзора на морскую гладь и интересного восприятия интерьерного пространства, количество источников наружного света будет увеличиваться ближе к залам ожидания, в которых сосредотачивается наибольшее количество посетителей. Эти помещения расположатся в «корме» и «носу» объема здания, а центральное ядро включит в себя различную обслуживающую пассажиров функцию: магазины, бары, сан.узлы, столы информации и вертикальные коммуникации, которые опущены на территорию пирсов, обеспечивая с ними связь. Потоки прибывающих и отправляющихся пассажиров будут отделены друг от друга и не пересекутся.

Четыре других планируемых объекта разместятся на границе двух природных стихий: земли и воды. Эти сооружения должны подчиняться

больше городской застройке, но при этом они не ограничатся свободой форм. Отдаленно напоминая своим объемом гальку или булыжные камни на морском берегу, они аккуратно будут вплетать проектируемый комплекс в планировочную структуру города и отчасти повторят застройку набережной.

Здание таможни утилитарно и лишено развлекательных функций в пользу оптимальной организации пешеходных потоков. Со стороны города вход осуществится через большой центральный остекленный зал, в котором будет происходить регистрация пассажиров, сдача багажа и подъем по эскалатору или лифту на соответствующий этаж. В проектируемом здании организовано поэтажное разделение на отправление, прибытие, а также на тип пассажирских линий (местные, международные). Первым делом пассажиры проходят контроль безопасности, затем проверку документов, а также таможенный контроль и получение багажа (в случае международных линий).

Согласно конкурсному заданию, проектируемая градостроительная объемно- пространственная композиция должна обладать гражданским терминалом, ориентированным не только исключительно на пассажиров, но и на жителей города Сан- Хуан. Примыкая и частично подчиняясь планировочной структуре города, было принято решение разбить этот функциональный объем на составляющие его части. Основным зданием из раздела гражданского терминала является объект, который можно сравнить с типологией ТРЦ по причине его насыщенности торговой и развлекательной функцией (магазины, бары, кафе). Два других сооружения- кинозал и отдельно стоящий ресторан. В здании ресторана и холла кинозала предлагается панорамное зеркальное остекление, обращенное в сторону терминалов А, В, С.

При проектировании данного комплекса искались различные варианты организации подходов круизных лайнеров. Лучшей оказалась уже существующая структура, состоящая из трех пирсов, так как при заданной территории обслуживается максимальное кол- во морских пассажирских суден. Форма «хвостов» функционально обоснована: в организованные ниши возможен подход яхт и катеров. Пространство пирсов освободится для проезда обслуживающего транспорта и будет имеет разгрузочную/ разворотную площадку под местом выхода пассажиров с борта корабля. Зона разгрузки пассажиров представляет собой возвышенность со спуском на уровень земли и будет нести на себе трапы для двух круизных лайнеров, а также остекленный коридор, ведущий в терминал А, В или С. Форма пирсов вызовет множество образов (например, песчаные дюны,

хвосты морских организмов, трезубец Посейдона и др.), которые в контексте общей тематики вполне уместны.

Для свободного использования наземного пространства, как например, в качестве подъездов различного обслуживающего транспорта, стоянок для временного хранения автомобилей, основные объемы зданий должны быть приподняты на каркасе на высоту, обеспечивающую свободный проезд машин. При этом ядра жесткости зданий, области вертикальных коммуникаций, центральных входных залов опустятся на уровень поверхности земли. Связь между сооружениями для пассажиров будет осуществлена при помощи надземных коридоров. Объем таможенного терминала является центральным ядром, в который сходятся потоки людей, идущих из терминалов А, В и С, которые готовятся пройти всю цепочку необходимой проверки, а также тех, кто движется в обратном направлении, ожидая ступить на борт многоярусного морского транспорта и отправиться путешествовать.

Разрыв набережной объемами зданий будет компенсироваться надземной променадой, опоясывающей группу береговых зданий и создающей эффектные виды на морскую гладь.

Результат конкурсного проектирования предлагает определенный заданием новый комплекс круизных терминалов, который необходим для столицы Пуэрто-Рико. Проектное предложение устраняет слабую структурированность, отсутствие образно- эстетического наполнения и целостной объемно-пространственной композиции морского порта. При проектировании комплекса исторический контекст не игнорируется, а учитывается и успешно используется в образной составляющей данного архитектурного проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Эрнст Нойферт*. Строительное проектирование, 2005. 500 с.
2. *Благовещенский Ф.А*. Архитектурные конструкции / Ф.А. Благовещенский, Е.Ф. Букина. 2011. 232 с.
3. Cih.ru

УДК625.7/8

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

Е.Г. Беляев, В.М. Дудин

Научный руководитель – В.М. Дудин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается перспектива использования гранулированного холодного асфальтобетона в качестве заделки выбоин на автомобильных дорогах, а также анализируются его свойства и характеристики.

Ключевые слова: *гранулированный холодный асфальтобетон, прочность, плотность, водонасыщение*

THE USE OF GRANULAR COLD ASPHALT CONCRETE TO COVER THE ROADWAY

Y.G. Belyaev, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – V.M. Dudin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers the prospect of using granular cold asphalt concrete for patching of potholes on the roadway, and analysis its properties and characteristics.

Keywords*: granular cold asphalt concrete, strength, density, water saturation*

В настоящее время существуют несколько видов асфальтобетона: горячий, теплый, литой и др., которые используют при строительстве и ремонте покрытий. При ремонте асфальтобетонных покрытий для заделки выбоин может применяться и холодный асфальтобетон.

Известные типы холодного асфальтобетона выпускаются на основе жидких битумных вяжущих или эмульсий, что затрудняет его укладку при ремонте покрытий. На базе ЯГТУ был разработан гранулированный холодный асфальтобетон, который не имеет этого недостатка. Он обладает хорошей сыпучестью, не слипается, легко уплотняется специализированной техникой. Опытные партии холодного асфальтобетона до

сих пор выпускались без последующей сепарации. При хранении, перегрузках, транспортировании такого асфальта происходит механическая сегрегация, что может привести к неравномерности свойств асфальтобетона, уложенного на разных участках. Для исключения этого явления было предложено произвести разделение не сепарированного асфальта на фракции и провести испытания по основным показателям согласно ГОСТ 12801-98. Для проведения лабораторных исследований были приготовлены образцы из гранул разной фракции: < 4 мм; 4-5,6 мм; 5,6-8 мм; 8-11,2 мм и >11,2 мм, а также образцы из не сепарированных гранул. Испытания на прочность производились с использованием гидравлического пресса, позволяющего развивать усилие 100 кН, а испытания на водонасыщение – с помощью вакуумной установки УВ-ФН (рис. 1). Для определения плотности отформованных образцов использовались весы лабораторные AJ-6200CE с приспособлением для гидростатического взвешивания.

Рис. 1. Вакуумная установка для водонасыщения асфальтобетона

Зависимости прочности, плотности и водонасыщения образцов асфальтобетона от размера фракции исходного материала представлены на рис. 2, рис. 3 и рис. 4 соответственно. Испытания показали, что разделение асфальта на фракции приводит к изменению свойств асфальтобетонных образцов. Так при размерах фракций менее 8 мм прочность асфальтобетона сепарированного получилась выше, чем у не сепарирован-

ного, а при размерах фракций более 8 мм - ниже. Плотность и водонасыщение образцов асфальта с размером фракций менее 8 мм и более 11,2 мм оказались ниже, чем для не сепарированного асфальта. Здесь есть некоторое противоречие, которое требует проведения дальнейших исследований.

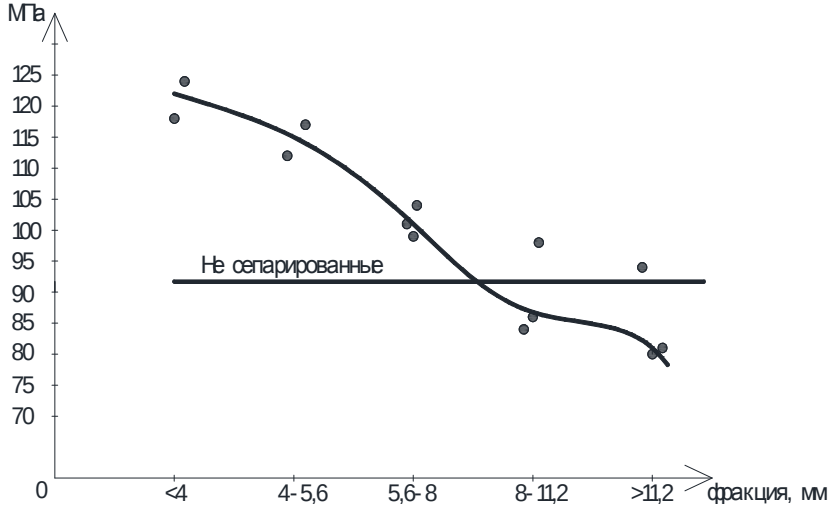


Рис. 2. Зависимость прочности от размера фракции

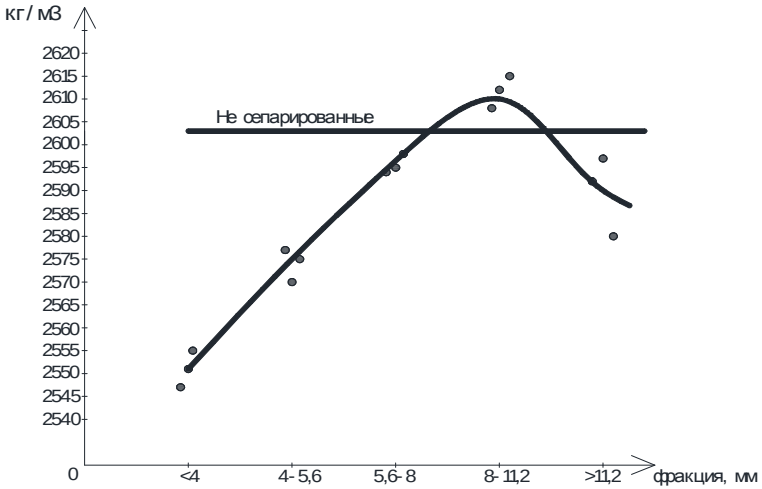


Рис. 3. Зависимость плотности от размера фракции

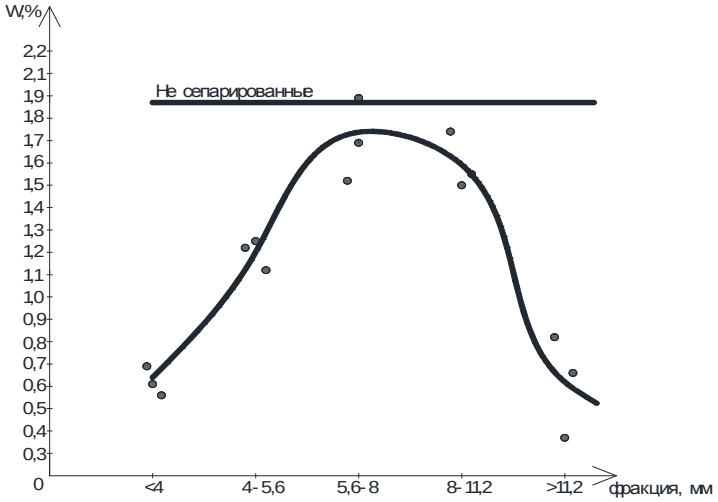


Рис. 4. Зависимость водонасыщения от размера фракции

С целью исследований данного асфальта в реальных условиях эксплуатации и оценки перспектив его использования данный вид асфальта был уложен 8 декабря 2017 года на трассе Москва-Холмогоры в районе Ярославского НПЗ. Была произведена заделка нескольких выбоин, которая заключалась в фрезеровании выбоин, разогреве её поверхности газовыми горелками, подгрунтовке её поверхности, засыпке асфальтовой смесью, нагреве распределённого асфальта газовыми горелками и уплотнении с помощью виброплиты (рис. 5).

Рис. 5. Уплотнение гранулированного холодного асфальтобетона

Целью лабораторных исследований и пробного применения в реальных условиях данного вида асфальтобетона является изучение и, если необходимо, корректировка его свойств для запуска в серийное производство и использования при ремонте покрытий проезжей части автомобильных дорог.

Проведённые лабораторные исследования показали, что прочность асфальтобетона зависит от размера фракции. С увеличением крупности зёрен асфальтобетона прочность снижается.

Применение гранул асфальтобетона фракции от 4 до 8 мм позволяет получить более прочный асфальтобетон по сравнению с не сепарированным исходным материалом, поэтому при производстве асфальтобетона рекомендуется производить разделение на фракции. С точки зрения повышения прочности предлагается использовать щебень фракцией не крупнее 8 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.

УДК 625.7/8

БОРЬБА СО СНЕЖНЫМ НАКАТОМ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

М.Н. Гладышева, Н.А. Кудрявцева, В.М. Дудин

Научный руководитель – В.М. Дудин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается применение жидких противогололёдных реагентов.
Ключевые слова: *противогололёдные реагенты, снежный накат.*

STRUGGLE WITH PACKED SNOW ON THE ROADS

M.N. Gladysheva, N.A. Kudryavtseva, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – V.M. Dudin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The use of liquid anti-icing agents is discussed.
Keywords: *anti-icing agents, snowy reel.*

Зиму любят почти все, но у нее есть одна неприятная сторона – скользкость. Одним из видов скользкости является снежный накат, который образуется на автомобильных дорогах при несвоевременной уборке свежевыпавшего снега. Для борьбы со снежным накатом используются физический метод, т.е очистка специальными скребками и химический метод – обработка реагентами с последующей уборкой растаявшего снега снегоуборочной техникой.

Противогололёдные реагенты – это особые средства, которые используются для борьбы со скользкостью на дорогах. Их рассыпают по любой поверхности, на которой может образоваться наледь. Выбор реагентов очень большой. Они могут быть твердыми или жидкими - в зависимости от особенностей их использования.

В данной статье мы рассмотрим применение жидких реагентов.

Для опытов были приготовлены насыщенные растворы на основе реагентов: Экороуд, Ультра, НКММ и минеральная соль (рис. 1).

Рис. 1. Жидкие реагенты

Нами были проведены экспериментальные исследования влияния применения жидких реагентов при удалении снежного наката на безопасность автомобильных дорог. В качестве основного критерия безопасности был выбран коэффициент сцепления поверхности дороги с колесом автомобиля после её обработки жидкими реагентами. Для проведения исследований использовали прибор ППК-МАДИ в следующей последовательности: устанавливали прибор ППК-МАДИ на оцениваемое дорожное покрытие таким образом, чтобы его имитаторы возвышались над поверхностью на 10...12 мм. Затем покрытие под имитаторами увлажняли жидким реагентом и при помощи устройства сбрасывали груз, который скользил по направляющей штанге и ударялся о муфту. Через толкающие штанги и шарниры ударный импульс передается имитаторам, в результате чего последние взаимодействовал с дорожным покрытием. Коэффициент сцепления фиксировался на шкале прибора при помощи измерительной шайбы. Для оценки изменения во времени коэффициента сцепления измерения выполняли четыре раза через каждые 15 минут. Результаты представлены в таблице (табл. 1).

Таблица 1. Влияние реагентов на коэффициент сцепления после обработки снежного наката

Время / Реагенты	Через 1 минуту	Через 15 минут	Через 30 минут	Через 45 минут
Минеральная соль	0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Экороуд	0,196	0,074	0,090	<0,050
Ультра	<0,050	0,196	<0,050	<0,050
НКММ	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Нордвэй	<0,050	0,167	0,310	0,100

Выполненные исследования показали, что таяние снежного наката наблюдалось при его обработке всеми реагентами. Наиболее интенсивно происходило таяние снежного наката после обработки реагентом «Нордвей». Удаление снежного наката растворами минеральной соли, НКММ, Ультра нецелесообразно, так как после обработки этими реагентами резко падает коэффициент сцепления. Лучший результат с точки зрения безопасности был отмечен для реагента Нордвей. Однако требуется проведение дальнейших исследований для определения его влияния на основные характеристики асфальтобетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реагенты противогололедные: производство, характеристики и применение [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://fb.ru/article/211655/reagentyi-protivogololednyie-proizvodstvo-harakteristiki-i-primenenie

2. Методы борьбы со снежным накатом на дорогах [Электронный ресурс] / Группа компаний «Крот». Режим доступа: http://www.krot.su/stati/metody_borby_so_snezhnym_nakatom_na_dorogah/

УДК 625.089

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОСНОВАНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ РЕМОНТЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ МЕТОДОМ ХОЛОДНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ

В.М. Ефимова, Т.А. Верховцева, В.М. Дудин

Научный руководитель – В.М. Дудин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье описывается процесс проведения контроля качества основания, полученного при ремонте дорожной одежды методом холодной регенерации.

Ключевые слова: *холодный ресайклинг, контроль качества, модуль упругости, новые технологии.*

QUALITY CONTROL OF THE FOUNDATION RECEIVED AT REPAIR OF ROAD CLOTHES BY COLD REGENERATION

V.M. Efimova, T.A. Verkhovtseva, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – V.M. Dudin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article describes the process of quality control of the base obtained during the repair of pavement by the method of cold regeneration.

Key words*: cold recycling, quality control, modulus of elasticity, new technologies.*

Метод холодной регенерации является современным, хорошо зарекомендовавшим себя у дорожных организаций, способом, поскольку обеспечивает восстановление основания дорожной одежды методом, позволяющим повторное использование материала старого покрытия. Применение данного метода позволяет сократить сроки ремонта и существенно снизить затраты. Производство работ методом холодной регенерации осуществляется без остановки движения.

Суть технологии заключается в измельчении и перемешивании существующего асфальтобетонного покрытия и слоя нижележащего материала с добавлением связующих материалов с целью получения прочного, однородного дорожного основания. На это основание впоследствии укладывается новое асфальтобетонное покрытие. В результате получается новая дорога с улучшенными физико-механическими характеристиками.

Ключевая задача решается высокотехнологической техникой – ресайклером (см. рис. 1). Системы тонкой настройки ресайклера позволяют достигать высокого качества смешивания компонентов в правильной пропорции, что является залогом качественной реализации регенерации.

Рис. 1. Ресайклер

Целью данной работы является: изучение значения модуля упругости полученной дорожной одежды в процессе работы комплекта машин при ремонте автомобильной дороги методом холодной регенерации, анализ полученных результатов.

Место проведения эксперимента: автомобильная дорога Рыбинск-Пошехонье.

Для исследования дорожного основания, полученного в ходе ремонта дороги методом холодной регенерации, было проведено 25 опытов. Опыты проводились после прохождения ресайклера до последнего прохода катка по основанию.

Для осуществления эксперимента использовался ряд приборов: динамический плотномер ZornZFG 3.0 (см. рис. 2) с грузом 10 и 15 кг, уровень для выравнивания плиты, принтер для распечатки результатов.

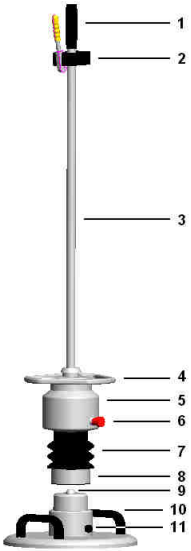


Рис. 2. Динамический плотномер Zorn ZFG 3.0: 1 – Рукоятка; 2 – Механизм фиксации и сброса груза; 3 – Направляющая штанга (ось); 4 – Эргономичное кольцо захвата; 5 – Падающий груз; 6 – Предохранитель; 7 – Амортизатор; 8 – Устройство защиты от опрокидывания; 9 – Центрирующий шарик; 10 – Держатель; 11 – Сенсорная втулка в нагрузочной плите

Каждый опыт состоял из нескольких этапов:

- установка плиты на поверхность дорожного основания и выравнивание ее в горизонтальном положении по уровню;
- 3 пробных удара груза по плите (угол падения груза с горизонталью должен составлять 90 °, такая точность достигается круглым уровнем, расположенным рядом с рычагом сбрасывания груза);
- 3 опытных удара груза по плите с записью полученных результатов.

Испытания проводились как на покрытии без добавления цемента, так и с добавлением. Покрытие с добавлением цемента контролировалось в течение 36 часов после полного уплотнения основания.

Результаты эксперимента:

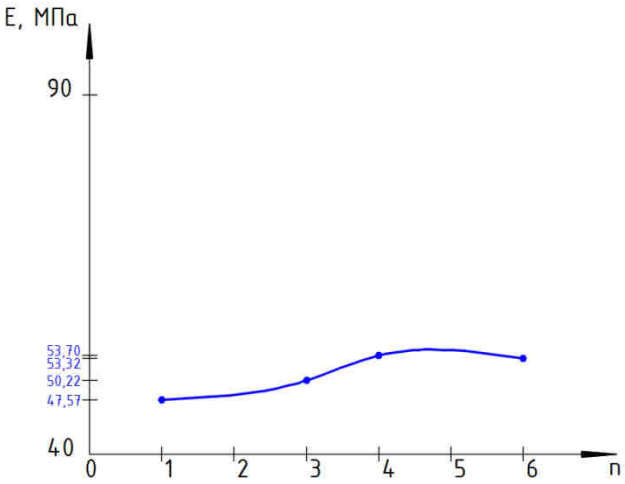


Рис. 3. График зависимости модуля упругости от количества проходов (основание без добавления цемента)

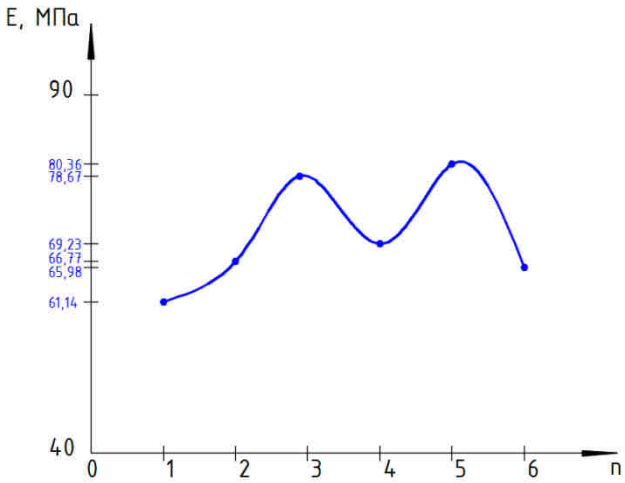


Рис. 4. График зависимости модуля упругости от количества проходов (основание с добавлением цемента)

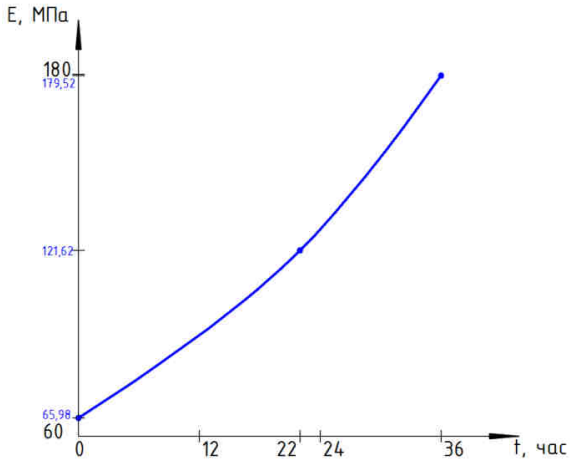


Рис. 5. График зависимости модуля упругости от времени выдержки

Выводы и рекомендации:

В результате проведённого исследования практически подтверждена эффективность технологии ремонта асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга.

Опытным путем было выявлено, что полученный модуль упругости в конце испытаний соответствует требуемому.

Также было выявлено, что при прямом проходе катка с вибрацией модуль упругости растет, а при обратном снижается (см. рис. 5). В таком случае рекомендуется производить уплотнение при прямом ходе с вибрацией, а при обратном - без вибрации. Однако это утверждение требует дальнейшей проверки при уплотнении слоёв оснований автомобильных дорог из несвязных и крупнообломочных грунтов и из асфальтогранулята.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ремонт дорог по технологии холодной регенерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.status-grunt.ru/tehnologii/holodnaya-regeneraciya/

2. Измеритель динамического модуля упругости ZORNZFG 3.0 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://smart-systems.su/files/modules/items /153/ru/smart_systems_zorn_instruments_zfg_3.0_rukovodstvo_po_ekspluatacii_rus_. pdf

3. Регенерация асфальтобетонных покрытий [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.gosthelp.ru/text/Regeneraciyaasfaltobetonn.html

УДК 625.7/8

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Ю.А. Комиссарова, А.А. Курныгина, В.М. Дудин

Научный руководитель – В.М. Дудин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается влияние применения твердых химических противогололедных реагентов на безопасность автомобильных дорог. Приведены результаты измерения коэффициента сцепления. Рассмотрены наиболее распространенные реагенты.

Ключевые слова: *зимняя скользкость, противогололедные материалы*

INFLUENCE OF APPLICATION OF SOLID CHEMICAL HYGIENE REAGENTS ON SAFETY OF ROADS

Yu.A. Komissarova, A.A. Kurnygina, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – V.M. Dudin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The influence of the use of solid chemical anti-ice reagents on the safety of highways is considered in the article. The results of measuring the coefficient of adhesion are given. The most common reagents are considered.

Keywords*: winter slipperiness, anti-icing materials*

Зимний период года является самым сложным для эксплуатации дорог и организации движения. Продолжительность этого периода колеблется от 20 суток в южных районах и до 260 суток в северных районах России. Состояние поверхности дорог и условия движения зимой формируются под влиянием отрицательной температуры воздуха, ветра, снегопада, метели, гололёда и ограниченной метеорологической видимости, а также сочетания этих факторов. Зимнее содержание представляет собой комплекс мероприятий, включающий: защиту дорог от снежных заносов;

очистку дорог от снега; борьбу с зимней скользкостью; борьбу с наледями. При организации мероприятий зимнего содержания, актуальной, является задача выбора способов, средств и методов, обеспечивающих нормативные значения эксплуатационных показателей покрытий (чистота, ровность, коэффициент сцепления) и оказывающих при этом минимальное негативное воздействие на окружающую среду и человека.

Основным показателем качества покрытия является коэффициент сцепления. Коэффициент сцепления величина случайная, он зависит от типа покрытия, времени года, погодных и других условий.

При экстренном торможении на скользких покрытиях тормозной путь автомобиля увеличивается в 3,5 раза по сравнению с аналогичным торможением на дорожных покрытиях с высоким коэффициентом сцепления, при этом значительно снижается устойчивость автомобиля.

Для разрушения снега и льда на дорогах используются тепловые, фрикционные, химические и механические методы. Наиболее оперативными и высокоэффективными являются химические методы разрушения снега и льда, широко применяющиеся в практике зимнего содержания автомобильных дорог в различных странах. Они предусматривают использование определенных химических противогололедных материалов (ПГМ) для удаления или предотвращения образования скользкости на дорожном покрытии.

Одни из самых распространенных химических ПГМ приведены в таблице 1.

Таблица 1. Химические ПГМ

Название ПГМ	Химический состав
Ультра	Хлористый натрий $NaCl_2$(модифицированный) 75-80% Хлористый кальций $CaCl_2$ (гранулы) 15-25%
Минеральная соль	NaCl
Экороуд	Хлористый кальций ($CaCl_2$) Хлористый натрий ($NaCl_2$) ингибиторы коррозии.
НКММ	Нитрат кальция $Ca(NO_3)_2$ Нитрат магния $Mg(NO_3)_2$ Мочевина $(NH_2)_2CO$
Галит	Хлористый натрий $NaCl_2$ 98% Мин. примеси 2%

Проведя испытания по определению коэффициента сцепления при использовании данных ПГМ, были получены следующие результаты, приведенные в таблице 2.

Таблица 2. Результаты измерения коэффициента сцепления

	Снежный накат			Гололед + рыхлый снег	
	-5˚С	-3˚С	+1˚С	-3˚С	+1˚С
Ультра	0,05	0,13	0,25	<0,05	0,07
Минеральная соль	0,07	0,11	0,08	<0,05	0,10
Экороуд	0,20	0,11	0,11	<0,05	0,14
НКММ					0,13
Галит			0,22		0,10

Результаты измерения коэффициента сцепления представлены в виде диаграммы на рис. 1.

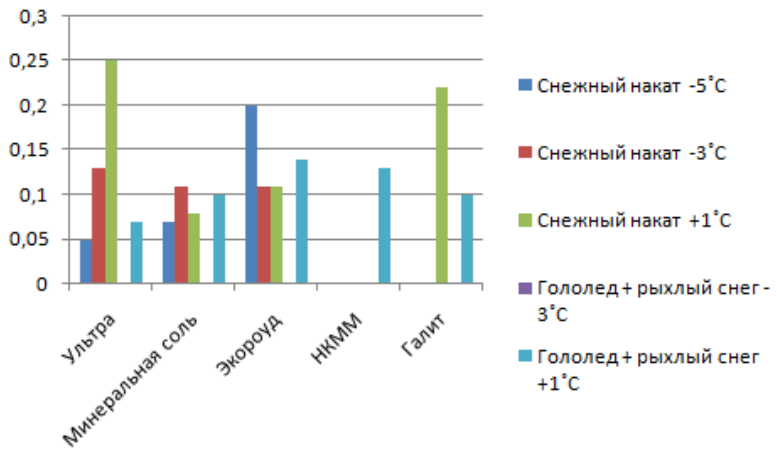


Рис. 1. Результаты измерения коэффициента сцепления

Результаты выполненных исследований могут быть обобщены следующими выводами: температура воздуха и вид скользкости существенно влияют на коэффициент сцепления. Так для реагента «Ультра» характерно снижение коэффициента сцепления при понижении температуры. Для реагента «Экороуд», наоборот, при понижении температуры

коэффициент сцепления увеличивается. Для такого реагента, как минеральная соль, коэффициент сцепления меняется незначительно при изменении температуры, но зависит от вида скользкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДН 218.2.027-2003 Требования к противогололедным материалам.
2.Противогололёдные материалы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.StudFiles.ru/ preview.
3.Противогололёдные материалы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.kps-k-com.

УДК 625.7/8

ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Н.А. Кудрявцева, М.Н. Гладышева, В.М. Дудин

Научный руководитель – В.М. Дудин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается применение противогололедных материалов, их виды, свойство, а также рассматривается оценка воздействия на окружающую среду исходя из анализа компонентов, применяемых при обслуживании зимних дорог.

***Ключевые слова**: автомобильные дороги, дорожное полотно, противогололедные материалы, зимнее содержание, воздействие на окружающую среду*

THE INFLUENCE OF ANTI-TOXIC REAGENTS ON THE ENVIRONMENT

N.A. Kudryavtseva, M.N. Gladysheva,V.M. Dudin

Scientific Supervisor –V.M. Dudin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The use of anti-ice materials, their types, properties is considered, as well as an environmental impact assessment based on an analysis of components used in the maintenance of winter roads.

***Key words**: highways, roadway, anti-icing materials, winter content, environmental impact*

Как только наступает зима и речь заходит об антигололедных реагентах, пешеходы начинают жаловаться на испорченную верхнюю одежду и обувь, а водители вспоминают грязную жижу, летящую из-под колес, и изъеденные коррозией кузова. Однако эксперты утверждают, что антигололёдные реагенты не так уж и безобидны для экологии и здоровья человека, а применение их может принести существенный вред экологии.

Эффективность противогололедных материалов зависит от многих факторов, основными из которых являются: температура замерзания и концентрация растворов, плавящая способность, расход реагентов, вяз-

кость растворов, коррозионная активность. Главное – знать: идеальных реагентов нет. У каждого существуют как свои плюсы, так и минусы.

На сегодняшний день существуют следующие антигололёдные средства. Жидкие: хлористый кальций модифицированный (ХКМ), содержащий ингибитор коррозии, ацетат аммония модифицированный «Антиснег»-1 иацетат калия модифицированный «Нордикс-П» (представляют собой соли или эфиры уксусной кислоты). Твердые: хлористый кальций, ингибированный фосфатами (ХКФ), Айсмелт (ХКНМ), хлористый магний модифицированный «Биомаг» и нитрат кальция, магния, мочевины (НКММ), соль техническая - NaCl.

Все противогололедные реагенты должны быть сертифицированы, иметь паспорт безопасности и быть безвредными для экологии и здоровья и удовлетворять следующим основным требованиям:

- Снижать точку замерзания воды при отрицательных температурах;
- Быстро взаимодействовать и плавить снежно-ледяные отложения;
- Не повышать скользкость дорожного покрытия доопасных значений;
- Невызывать вредного воздействия надорожные покрытия;
- Неугнетать зеленые насаждения;
- Неоказывать отрицательного влияния наметалл, резину икожу;
- Быть безвредными для здоровья человека и экологии.

Антигололедные реагенты имеют как свои плюсы, так и минусы. По своей сути – уже само название «антигололедный реагент» свидетельствует о том, что вещество вступает в некую химическую реакцию с окружающей средой, т.е. ледяным покровом. Подобный химический процесс также зависит от ряда факторов, как внешних – природно-температурных, метеорологических, так и внутренних - химических. Ведь антигололёдные реагенты вступают в химические реакции не только с обледеневшим дорожным покрытием, но и с побочными продуктами, такими, как моторные масла, пары бензина, солярки, выхлопных газов, а также технической солью, в большом количестве присутствующих на дорожном покрытии, компонентами почвы. Как показали результаты многочисленных исследований, на сегодняшний день не существует практически экологически чистых антигололёдных реагентов.

При использовании ПГМ для обеспечения безопасности движения автотранспорта и пешеходов возможно следующее негативное воздействие на окружающую среду:

- загрязнение атмосферного воздуха стационарными и передвижными источниками (специализированный транспорт, распределяющий ПГМ);

- химическое загрязнение земель в результате превышения рекомендуемых норм использования ПГМ, а также нерегламентированных утечек жидких ПГМ при нарушении технологии распределения ПГМ;

- засоление земель при ненормативном использовании противогололедных химических материалов;

- загрязнение грунтов и почвенно-растительного покрова, а как следствие оскуднение растительности;

- возможное загрязнение земель, поверхностных и грунтовых вод составляющими компонентами ПГМ;

- аллергические и кожнодерматические заболевания граждан;

- агрессивное воздействие на металл, бетон, кожу, резину, вследствие чего разрушение конструкций дорожного полотна, порча материалов верхней одежды, обуви пешеходов.

Произведенная оценка воздействия компонентов ПГМ показала, что наибольшее негативное воздействие на окружающую среду оказывает хлорид кальция. В тоже время хлорид кальция является основным незаменимым противогололедным реагентом. Присутствие его в представленных ПГМ ограничивается содержанием 30 % для жидких и 60 % для твердых реагентов, что позволяет максимально минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Для минимизации негативного воздействия хлорида кальция на окружающую среду, а также для улучшения технологических характеристик (плавящая способность, коррозионная активность, показатель агрессивного воздействия на цементобетон) в рецептуру ПГМ вводят хлорид натрия, хлорид калия и другие реагенты. Вводимые в ПГМ реагенты обладают меньшим негативным воздействием на окружающую среду, при этом такие из них, как хлорида калия, мочевина являются наиболее распространенными удобрениями.

При соблюдении нормативов применения ПГМ, даже при самой максимальной плотности обработки дорожного покрытия, создаются концентрации компонентов ПГМ ниже рекомендованной пороговой концентрации по местно-раздражающему действию и влиянию на рост и структуру волос животных.

Анализ результатов испытаний по изучению влияния химических реагентов на изменение физико-химических и физико-механических показателей кож для верха обуви и меха показал, что показатели физико-химических и физико-механических свойств кожи существенно не меняются после обработки их растворами карбамида, формиата натрия, формиата калия. Обработка кожи растворами хлорида кальция и нитрата

кальция приводит к резко негативным и необратимым последствиям, однако при соблюдении нормативов применения ПГМ, при самой максимальной плотности обработки дорожного покрытия, создаются концентрации хлорида кальция и нитрата кальция значительно ниже, использованных в ходе испытаний.

Проведенные экспериментальные исследования определения степени токсичности хлоридов кальция, натрия, калия, а также формиата натрия и карбамида на морских объектах, показали, что исследуемые компоненты соответствует 4-му классу опасности (малоопасные) для окружающей среды.

Кроме приведённых химических противогололёдных реагентов, в мировой практике используется сахар. Для его применения в условиях РФ необходимы исследования по определению его влияния на коэффициент трения-сцепления асфальтобетонных покрытий с колесами автотранспортных средств и влияние его на экологию. В настоящее время в ЯГТУ ведутся исследования по так называемому «сахарному проекту», что позволит дать конкретные рекомендации для его использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заключение по результатам испытаний кожи для верха обуви и меха, обработанных химическими реагентами, входящими в состав противогололедных материалов. ИЦ «КОЖА И ОБУВЬ» ОАО «ЦНИИКП». М., 2013. 15 с.
2. ГН 2.2.5.1313-03. Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. М.: «СТК Аякс», 2003. 268 с.
3. *Мосин О.В.* О пользе и вреде антигололёдных средств.

УДК 625.7/8

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФРИКЦИОННЫХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

А.А. Курныгина, Ю.А. Комиссарова, В.М. Дудин

Научный руководитель – В.М. Дудин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено влияние фрикционных материалов на безопасность дорог зимой. Приведены результаты опытов.

Ключевые слова: *дорога, зимняя скользкость, песок, щебень, коэффициент сцепления.*

INFLUENCE OF APPLICATION OF FRICTIONARY HYGIENE MATERIALS ON SAFETY OF AUTOMOBILE ROADS

A.A. Kurnygina, Y.A. Komissarova V.M. Dudin

Scientific Supervisor - V.M. Dudin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The influence of friction materials on road safety in winter is considered. The results of the experiments are presented.

Keywords*: road, winter slipperiness, sand, gravel, coefficient of adhesion.*

Скользкость на дорогах становится причиной каждого второго дорожно-транспортного происшествия зимой. Городские службы стремятся как можно быстрее предотвратить опасные ситуации, отправляя машины с фрикционными материалами для посыпки дорог. Это позволяет уменьшить скольжение автотранспорта. Кроме того, они экологически безвредны в отличие от различных реагентов, содержащих химические вещества. Благодаря невысокой стоимости, песок является выгодным вариантом в борьбе с наледью.

Действие различных фрикционных материалов может отличаться в зависимости от температуры воздуха и видов скользкости. Чтобы сравнить действие различных материалов был проведен ряд экспериментов

В течение нескольких месяцев проводились опыты.Суть испытаний заключалась в том, чтобы измерить коэффициент сцепления на различных видах скользкости при разных температурах с фрикционными материалами разных фракций, сравнить их и выявить наиболее лучший материал и проверить материал на длительность действия.Измерения проводились с помощью прибора для измерения сцепления ППК МАДИ (рис.1). В качестве испытуемого материала использовались мелко фракционированный щебень, а также песок крупностью 1 мм, 0,5 мм и 0,25 мм. Фрикционный материал распределяли под пластинами прибора, которые имитируют шину, и ударом груза о них измеряли коэффициент сцепления.

Рис. 1. Проведение эксперимента

После получения первых результатов был построен график, на котором наглядно показано как изменяется коэффициент сцепления шины с дорогой с разными материалами и при разных температурах воздуха.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что фрикционные материалы работают наиболее эффективно при более низкой температуре.

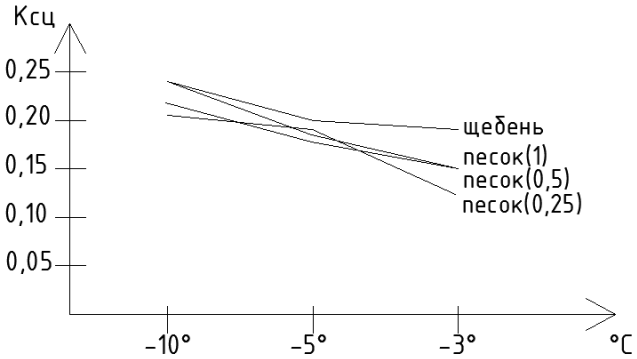


Рис. 2. Зависимость коэффициентов сцепления фрикционных материалов от температуры

Также, исходя из проведенных исследований, можно сделать еще несколько выводов. Во -первых, фрикционные материалы не долговечны. При проведении опытов было выявлено, что песок и щебень достаточно быстро разносятся с дороги и поэтому время действия не превышает 1-2 часов.

Таблица 1. Сравнение эффективности песка и песко-соляной смеси

Виды скользкости	Песок	Песко-соляная смесь
Гололед	0,200	0,250
Снежный накат	0,170	0,162
Рыхлый снег	0,113	0,140

Во-вторых, опытом было подтверждено, что для того чтобы увеличить действия фрикционных материалов, необходимо смешать их с солью, образую, например, песко-соляную смесь. Из таблицы 1 видно, что коэффициент сцепления при добавлении соли увеличивается или остается таким же. Такие смеси не только повышают коэффициент сцепления, но и уменьшают отрицательное воздействие соли на окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах: отраслевой дорожный методический документ. М., 2003.
2. ГОСТ 33181-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к уровню зимнего содержания.

УДК 656.11.021.24

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАГРУЖЕННОСТИ ПРОСПЕКТА ФРУНЗЕ В ГОРОДЕ ЯРОСЛАВЛЕ

В.А. Буслаев, А.В. Симонова

Научный руководитель – А.В. Симонова, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается транспортная загруженность проспекта Фрунзе от остановки «Парашютный Проезд» до пересечения с Московским проспектом на основании пространственных данных веб-сервиса «Яндекс.Пробки», панорамных снимков и натурных наблюдений.

***Ключевые слова**: транспортная загруженность, дорожная обстановка, ограничение скорости*

ANALYSIS OF PROSPEKT FRUNZE TRAFFIC CONGESTION IN YAROSLAVL

V.A. Buslaev, A.V. Simonova

Scientific Supervisor – A.V. Simonova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The traffic congestion of Prospekt Frunze from the bus station «Parashyutnyy Passage» to the intersection with Moskovskiy Prospekt is considered on the basis of the spatial data of the «Yandex.Probki» web-service, panoramic images and field observations.

***Keywords**: traffic congestion, traffic situation, speed limit.*

Анализ транспортной загруженности проспекта Фрунзе проводился на участках (рис. 1): от остановки «Парашютный Проезд» до пересечения с Московским проспектом (участок 1); пересечение проспекта Фрунзе с Московским проспектом (участок 2).

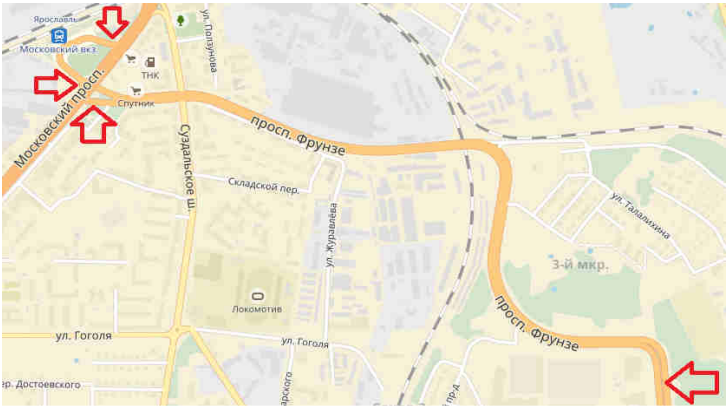


Рис. 1. Анализируемые участки проспекта Фрунзе на электронной карте веб-сервиса «Яндекс.Карты»

Таблица 1. Анализ транспортной загруженности на основании пространственных данных веб-сервиса «Яндекс.Пробки»

Время / Дни недели	Утро (7-9 ч.)		Обед (12-13 ч.)		Вечер (18-19 ч.)	
	Уч.№1	Уч.№2	Уч.№1	Уч.№2	Уч.№1	Уч.№2
Понедельник	5 км/ч	20 км/ч	45, 20 км/ч	45 км/ч	45, 10 км/ч	7 км/ч
Вторник	10 км/ч	20 км/ч	45, 20 км/ч	45 км/ч	45, 10 км/ч	7 км/ч
Среда	10 км/ч	20 км/ч	45, 20 км/ч	45 км/ч	45, 10 км/ч	7 км/ч
Четверг	10 км/ч	20 км/ч	45, 10 км/ч	45 км/ч	45, 10 км/ч	8 км/ч
Пятница	7 км/ч	45 км/ч	45, 20 км/ч	20 км/ч	45, 15 км/ч	20 км/ч
Суббота	45, 10 км/ч	45 км/ч			45, 20 км/ч	45 км/ч
Воскресенье	45, 20 км/ч	45 км/ч			45, 10 км/ч	45 км/ч

Проанализировав транспортною загруженность можно сделать следующие выводы:

- Участок № 1 загружен утром в будние дни, часть участка от Суздальского шоссе до Московского проспекта сильно загружена ежедневно и в любой из рассмотренных промежутков времени (в табл. 1 скорость на этом участке вторая из двух скоростей в ячейке).

- Участок № 2 загружен вечером в будние дни, динамика небольшой загруженности сохраняется утром в будние дни.

Рис. 2. Панорамы рассматриваемых участков

После анализа натурных наблюдений и панорамных снимков можно сделать следующие выводы о загруженности участков.

Участок № 1:

а) наличие опасного поворота и знака ограничение скорости до 40 км/ч;

б) наличие путепровода, под которым дорога переходит из трёх полос в две;

в) неотрегулированный светофор на пересечении проспекта Фрунзе и Суздальского шоссе;

г) переход из трёх полос движения в две на участке после пересечении проспекта Фрунзе и Суздальского шоссе;

д) длительность запрещающего сигнала светофора на пересечении проспекта Фрунзе и Московского проспекта, с плотным транспортным потоком, при движении по проспекту Фрунзе в сторону Центра.

Участок № 2:

а) перехода из пяти полос движения в четыре;

б) длительность запрещающего сигнала светофора на пересечении проспекта Фрунзе и Московского проспекта с плотным транспортным потоком при движении от Московского вокзала.

Одной из главных причин дорожных заторов на проспекте Фрунзе является отсутствие альтернативных рациональных маршрутов соединяющих Фрунзенский административный район с другими районами города.

В преддверии 1000-летия Ярославля проблему пробок на Фрунзенском и Московском проспектах предлагалось решить с помощью строительства Карабулинской развязки. Развязка также помогла бы исключить транзитные транспортные потоки в историческом центре, снизить нагрузку на ул. Первомайскую, Ушинского, Комсомольскую, Большую октябрьскую. В 2009-2010 годах была разработана проектно-сметная документация по строительству Карабулинской развязки. Однако эстакада так и осталась только на бумаге.

Проблема организации дорожного движения является одной из основных градостроительных задач. При грамотной организации уличного движения в городе значительно повысятся показатели надежности и качества функционирования всей городской транспортной системы и возможности реализации необходимых инженерно- технических решений, в том числе и по снижению ДТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*

УДК 656.11.021.24

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАГРУЖЕННОСТИ ПЕРЕКРЕСТКА МОСКОВСКОГО ПРОСПЕКТА И УЛИЦЫ НЕФТЯНИКОВ

А.А. Иванов, А.В. Симонова

Научный руководитель – А.В. Симонова, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается транспортная загруженность перекрестка Московского проспекта и улицы Нефтяников на основании пространственных данных веб-сервиса «Яндекс.Пробки», панорамных снимков и натурных наблюдений.

***Ключевые слова**: транспортная загруженность, дорожная обстановка, ограничение скорости.*

ANALYSIS OF THE TRANSPORT LOADING INTERSECTION MOSKOVSKIY PROSPECT IN YAROSLAVL

A.A. Ivanov, A.V. Simonova

Scientific Supervisor – A.V. Simonova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

We consider the traffic congestion of the intersection of Moskovsky Prospekt and Neftyanikov Street on the basis of spatial data of the «Yandex.Probk» i web service, panoramic images and field observations.

***Keywords**: traffic congestion, traffic situation, speed limit.*

На основании натурных наблюдений и геопространственных данных веб-сервиса «Яндекс.Пробки» была проанализирована транспортная загруженность перекрестка Московского проспекта и улицы Нефтяников.

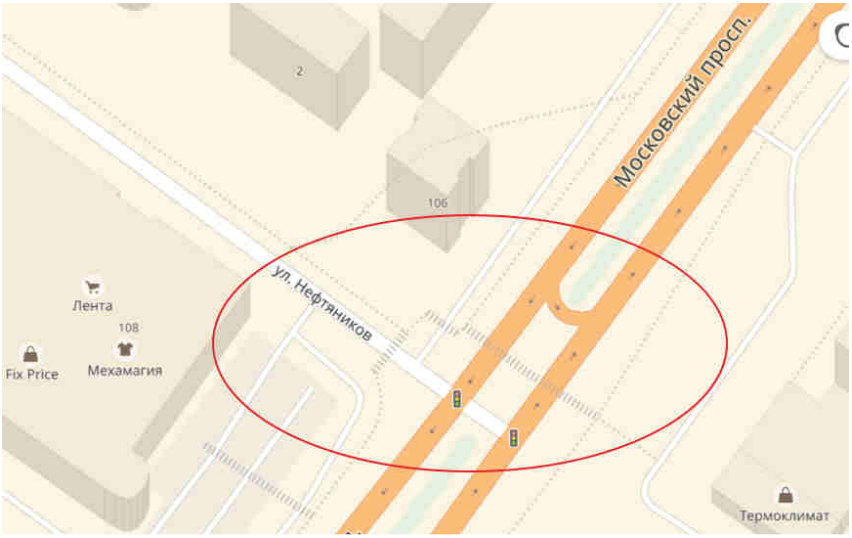


Рис. 1. Т-образный перекресток Московского проспекта и улицы Нефтяников на электронной карте веб-сервиса «Яндекс.Карты»

Таблица 1. Анализ транспортной загруженности перекрестка Московского проспекта и улицы Нефтяников на основании пространственных данных веб-сервиса «Яндекс.Пробки»

День недели	Утро (7:00–8:00 ч.)	Обед (12:00–13:00 ч.)	Вечер (18:00–19:00 ч.)
понедельник	Красный	Желтый	Красный
вторник	Красный	Желтый	Красный
среда	Красный	Желтый	Красный
четверг	Красный	Желтый	Красный
пятница	Красный	Красный	Красный
	Утро (11:00–12:00 ч.)	Вечер (16:00–17:00 ч.)	
суббота	Зеленый	Желтый	
воскресенье	Желтый	Красный	

Проанализировав транспортною загруженность, можно сделать следующий вывод: Т-образный перекресток Московского проспекта и улицы Нефтяников наиболее загружен в будние дни, в утреннее и вечернее время.

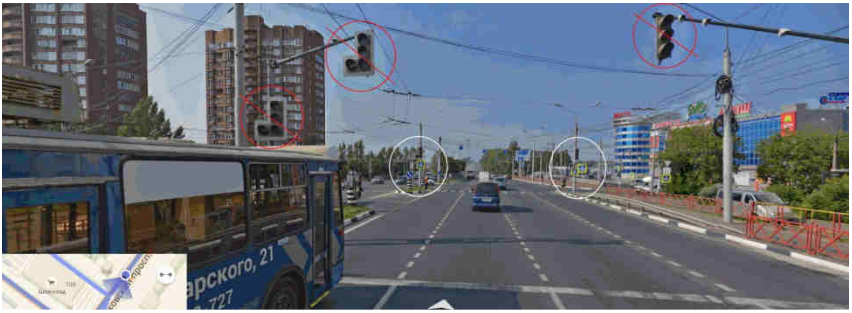


Рис. 2. Т-образный перекресток Московского проспекта и улицы Нефтяников на панорамных снимках веб-сервиса «Яндекс.Карты»

Рис. 3. Натурная фотография Т-образного перекрестка Московского проспекта и улицы Нефтяников

После анализа натурных наблюдений и панорамных снимков можно сделать вывод о том, что дорожный затор возникает из-за высокой интенсивности движения по Московскому проспекту; наличия дополнительного светофора перед разворотом общественного транспорта; долгого запрещающего сигнала светофора при движении по Московскому проспекту перед перекрестком Московского проспекта с улицей Нефтяни-

ков; наличия светофора у остановки общественного транспорта «Кресты».

Для того чтобы предотвратить транспортную загруженность на перекрестке Московского проспекта и улицы Нефтяников можно убрать светофор у остановки общественного транспорта «Кресты»; наземный пешеходный переход рядом с остановкой заменить на надземный пешеходный переход (рис. 4); убрать дополнительный светофор перед разворотом общественного транспорта (рис. 2); увеличить время разрешающего сигнала светофора для движения по Московскому проспекту на Т-образном перекрестке (рис. 2).

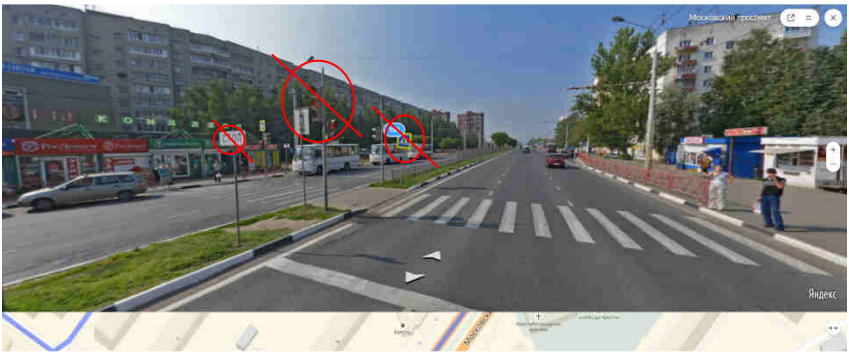


Рис. 4. Пешеходный переход у остановки «Кресты» на панорамных снимках веб-сервиса «Яндекс.Карты»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*

УДК 656.11.021.24

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАГРУЖЕННОСТИ ЛЕНИНГРАДСКОГО ПРОСПЕКТА В ГОРОДЕ ЯРОСЛАВЛЕ ОТ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ С УЛИЦЕЙ БАБИЧА ДО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ С УЛИЦЕЙ ПАНИНА

О.В. Климова, А.В. Симонова

Научный руководитель – А.В. Симонова, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается транспортная загруженность Ленинградского проспекта, от пересечения с улицей Бабича до пересечения с улицей Панина, на основании пространственных данных веб-сервиса «Яндекс.Пробки», панорамных снимков веб-сервиса «Яндекс.Карты» и натурных наблюдений.

***Ключевые слова**: транспортная загруженность, интенсивность движения, дорожная обстановка*

ANALYSIS TRAFFIC LOADING OF LENINGRAD PROSPEKT IN YAROSLAVL FROM CROSSING WITH BABICH STREET TO CROSSING WITH PANINA STREET

O.V. Klimova, A.V. Simonova

Scientific Supervisor – A.V. Simonova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The traffic load of Leningradsky Prospect is considered, from crossing with Babicha Street to the intersection with Panina Street, on the basis of the spatial data of the «Yandex.Probki» web service, panoramic images of the «Yandex.Maps» web service and field observations.

***Keywords**: traffic congestion, traffic intensity, traffic situation.*

Для анализа транспортной загруженности Ленинградского проспекта, от пересечения с улицей Бабича до пересечения с улицей Панина, были использованы: геопространственные данные веб-сервиса «Яндекс.Пробки»; цифровая карта и панорамные снимки веб-сервиса «Яндекс.Карты»; натурные фотографии дорожной обстановки.

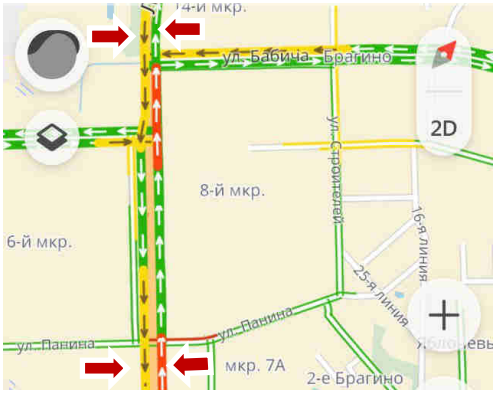


Рис. 1. Анализируемый участок Ленинградского проспекта на электронной карте веб-сервиса «Яндекс.Карты»

Таблица 1. Анализ транспортной загруженности Ленинградского проспекта на основании пространственных данных веб-сервиса «Яндекс.Пробки»

Дата	Время / Дни недели	Утро (7.00-9.00 ч.)	Обед (12.00-13.00 ч.)	Вечер (18.00-19.00 ч.)
13.11.17	Понедельник	30 км/ч	50 км/ч	25 км/ч
14.11.17	Вторник	15 км/ч	40 км/ч	30 км/ч
15.11.17	Среда	20 км/ч	35 км/ч	30 км/ч
16.11.17	Четверг	20 км/ч	25 км/ч	25 км/ч
17.11.17	Пятница	15 км/ч	40 км/ч	10 км/ч
18.11.17	Суббота	25 км/ч		5 км/ч
19.11.17	Воскресенье	20 км/ч		7 км/ч

После анализа транспортной загруженности участка можно сделать следующие выводы: Ленинградский проспект, от пересечения с улицей Бабича до пересечения с улицей Панина, сильно загружен в утреннее и вечернее время; самая сложная транспортная ситуация наблюдается в конце рабочей недели.

Загруженность рассмотренного участка Ленинградского проспекта происходит из-за высокой интенсивности движения, недостаточной пропускной способности улицы и плохо отрегулированных светофоров на пересечении Ленинградского проспекта с улицей Бабича.

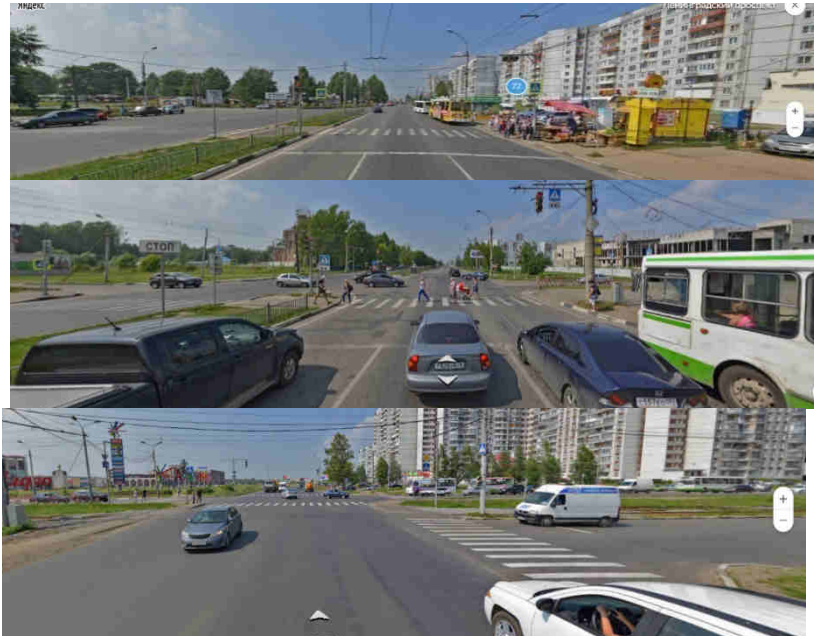


Рис. 2. Панорамы рассматриваемых участков

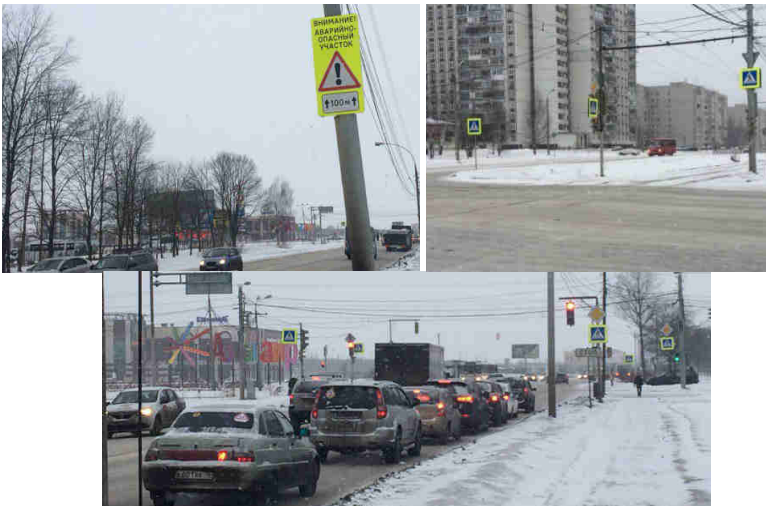


Рис. 3. Натурные фотографии дорожной обстановки

После анализа дорожной обстановки, можно сделать выводы, что дополнительными причинами транспортной загруженности рассмотренного участка являются:

- пересечение Ленинградского проспекта с трамвайными путями и многочисленные дефекты дорожного полотна на данном участке;
- поворот к торговому центру «Альтаир»;
- большое количество наземных пешеходных переходов, оборудованных светофорным регулированием.

Способы устранения транспортной загруженности:

- регулирование светофорных объектов;
- замена наземных пешеходных переходов надземными;
- ремонт дорожного полотна;
- запрет поворота к торговому центру «Альтаир». Для улучшения пропускной способности этого участка можно запретить поворот налево с Ленинградского проспекта к торговому центру и перенести его дальше, как показано на рис. 4.

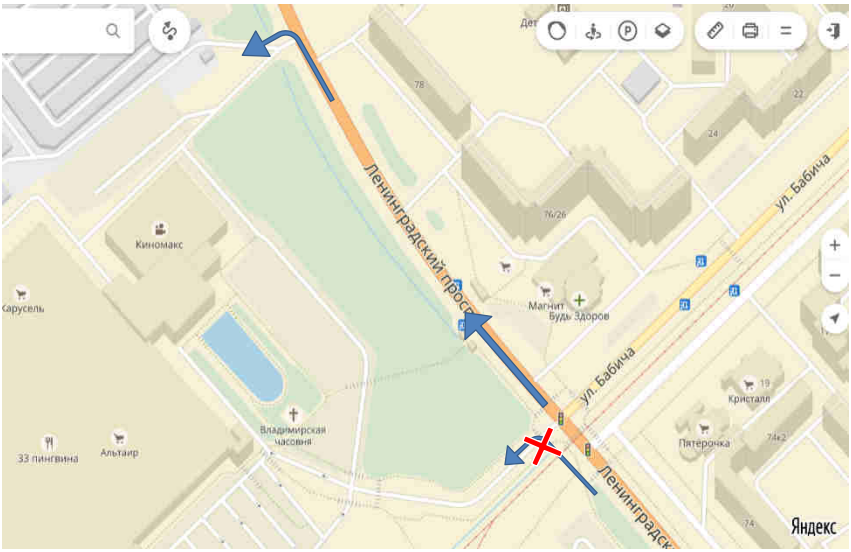


Рис. 4. Схема проезда к торговому центру «Альтаир»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*

УДК 625.7/8

ОБЗОР МЕТОДОВ УКРЕПЛЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ СЛАБЫХ ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

И.М. Беков, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются различные основные методы укрепления слабых грунтов в основании дороги.

***Ключевые слова**: слабые грунты, методы стабилизации, традиционные и современные методы укрепления, геотекстиль.*

REVIEW OF THE METHODS OF CONSOLIDATION AND STABILIZATION OF SOFT GROUNDS OF THE ROADWAY

I.M. Bekov A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor - A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Various basic methods of strengthening weak soils at the base of the road are considered.

***Keywords**: weak soils, stabilization methods, traditional and modern methods of strengthening, geotextiles.*

Как известно, для того чтобы наши автомобильные магистрали были долговечными и могли обеспечивать высокие потребительские свойства в течение всего срока эксплуатации, прежде всего необходимо качественное основание. Для выполнения этого требования при строительстве и реконструкции дорог нужно проводить мероприятия по укреплению и стабилизации грунтов, которые предусматривают использование различных технологий, таких как армирование геосинтетическими материалами, инъецирование бетонными и полимерными составами, струйная цементация. В некоторых случаях не обойтись без устройства свайного основания или даже полной замены грунта. Но всегда ли оправ-

дано то или иное решение проектировщика, особенно когда оно принято на основе неточных данных, полученных в результате плохо проведенных инженерных изысканий?

На рынке сегодня представлены как традиционные технологии устройства и укрепления дорожных оснований из гранулометрических инертных материалов, так и множество новых. Практически весь прошлый век научные институты многих стран мира вели разработку в разных направлениях — устройство дорог непосредственно из местных грунтов за счет обработки их разного рода вяжущими веществами и специальными добавками, устройство дополнительных слоев дорожных одежд из геосинтетических материалов, глубинная стабилизация обводненных грунтов, термическая и электрохимическая обработка почвы и др.

Эффективным методом может быть осушение грунтов. Одним из основных факторов их слабости является обводненность, а удаление влаги приводит к значительному их уплотнению и устранению текучести. Применение геокомпозитных материалов (дренажный мат «Геоком») позволяет значительно ускорить процесс консолидации грунтов. Можно назвать также термическое закрепление или обжиг, химический метод (смешивание грунта с химрастворами), электрический метод, электрохимический способ. Один из наиболее эффективных методов — армирование. Основными преимуществами структур с укрепленным геосинтетикой грунтом являются: экономия средств: более крутые склоны могут быть сформированы с использованием армирования, при этом количество заполняющего материала, необходимого для устройства насыпи, уменьшается; повышение устойчивости: укрепления увеличивают коэффициент запаса по отношению к скольжению; возможность строительства на плохих грунтах: укрепление делает возможным устройство насыпей на слабых грунтах или с использованием материалов, которые непосредственно для этого не предназначены. Армирование основания земляного полотна на слабых грунтах позволяет повысить его устойчивость и стабильность. В качестве армирующих прослоек используется одно- и двуосноориентированные геоматериалы в виде георешеток (СО, СД и СДМ с прикатанным геотекстилем), тканых геополотен и геокомпозитов (дренажный мат «Геоком»).

Традиционные методы дорожного строительства постепенно уступают дорогу новым, однако их внедрение идет медленно ввиду административных барьеров, дороговизны оборудования и недостатка доверия. На рынке инновационных технологий присутствуют как добросовестные игроки, так и фирмы, компрометирующие новации. Крупные дорожно-строительные компании при этом, как правило, предпочитают традици-

онные технологии ввиду отсутствия проблем с проектированием и прохождением экспертизы.

Наиболее эффективными можно считать те методы, которые наиболее экономичны и универсальны. Одним из них является стабилизация местных грунтов цементом вместе со специальными добавками — инновационными продуктами, модифицирующими процесс гидратации цемента, — стабилизация минеральными вяжущими (цементом) с модифицирующими добавками натурального происхождения не только не наносит вреда окружающей среде, но и сама эта технология используется для нейтрализации токсичных веществ в почве при консервации полигонов захоронения опасных отходов, рекультивации загрязненных земель, ликвидации разливов нефтепродуктов и т. д.

Суть технологии заключается в введении в грунт добавок для улучшения его механических свойств. Грунт тщательно измельчается и смешивается с соответствующими связующими материалами с последующим уплотнением. В результате получается монолитная плита, являющаяся дорожным основанием (рис. 1).

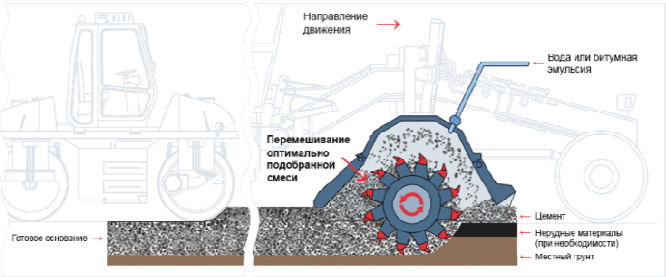


Рис. 1. Технологическая схема стабилизации местных грунтов [1]

Плюсы технологии:
Препятствует попаданию воды к основанию дорожной одежды.
- устойчивость к эрозии
- устойчивость к размоканию
- морозостойкость, исключение морозного пучения
Достигает более высокого модуля упругости, повышает сдвигоустойчивость и ровность, снижает пластичность.
- позволяет снизить толщину асфальтобетона до 50%
- исключает просадку
- исключает «колееобразование»
- исключает появление «копирующихся» трещин в асфальтобетонных покрытиях

Для строительства используется грунт, находящийся в месте пролегания будущей дороги.
- уменьшает количество применяемых материалов
- экономия на транспортировке материалов

Сравнение дорог, построенных с применением технологии стабилизации грунта и «классическим» методом

Рис. 2. Традиционный метод стабилизации основания [1]

В среднем на 1 км дорожного основания требуется:
2000 тонн снятого и замененного грунта
4200 тонн доставляемых новых материалов
150 грузовиков для ввоза-вывоза материалов
6 дней работ
820 рублей – цена за м^2
3 года гарантия

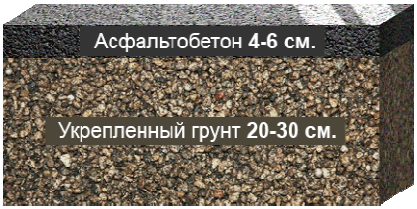


Рис. 3. Стабилизация грунта введением добавок [1]

Используется местный грунт
216 тонн доставляемых новых материалов
6 цементовозов для ввоза минерального вяжущего

2 дня работы
499 рублей – цена за $м^2$
5 лет гарантия
Экономия составляет денежных средств составляет 39,15%.

Использование нетрадиционных методов укрепления грунтов требует множества лабораторных испытаний, а также строгого контроля производства, но в то же время позволяет сэкономить на материалах почти 40%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительство дорог по технологии стабилизации грунта [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.status-grunt.ru/
2. Технологии, материалы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ptkor.ru/
3. ОДМ 218.1.004 “Классификация стабилизаторов грунтов в дорожном строительстве”.

УДК 625.7/8

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ PLASTIC ROAD

И.М. Беков, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается технология применения отходов жизнедеятельности человека в сфере строительства дорог.

***Ключевые слова**: дорога, дорожное покрытие, экология, пластик.*

AN OVERVIEW OF THE TECHNOLOGY OF ROAD CONSTRUCTION PLASTIC ROAD

I.M. Bekov A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor –A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The technology of application of human waste in the field of road construction is considered.

***Keywords**: road, road surface, ecology, plastic.*

Концепция Plastic Road, впервые была представлена в 2015 году одной из крупнейших дорожно-строительных организацией Европы KWS. Технология заключается в использовании отходов жизнедеятельности человека а именно пластиковых отходов в строительство дорожного полотна. Plastic Road представляет собой готовый пластиковый блок, который легко транспортировать, собирать и ремонтировать. Цель проекта заключается в том, что бы создавать дорогу с меньшими экологическими последствиями, чем у традиционных методов. Когда элементы дороги выходят из строя, они могут быть еще раз переработаны и использоваться в дальнейшем производстве. Дороги будут лишены многих недостатков традиционного покрытия, станут намного более устойчивыми к истиранию и температурным перепадам. Немаловажно и то, что но-

вые автострады помогут очистить океаны мира от скопившегося там в огромном количестве мусора. Пластик для строительства дорог будет перерабатываться именно из отходов, выловленных в мировом океане.

Рис. 1. Технология строительства дорог Plastic Road [1]

Плита Plastic Road представляет собой переработанный пластик (рис. 2). После переработки пластик формуется в каркасную плиту (рис. 3).

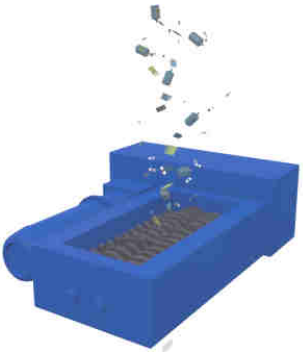


Рис. 2. Переработка пластика при создании плиты Plastic Road

Рис. 3. Формование плиты Plastic Road

Плита выполнена в виде каркаса с полостями, которые могут быть использованы для различных целей, например прокладка труб, энергетики и т.д. Элементы Plastic Road пригодны для переработки и повторного использования. Технология позволяет осуществлять строительство на 70% быстрее традиционной. Вес конструкции в 4 раза легче что уменьшает нагрузку на основание. Ожидаемый срок эксплуатации в 3 раза больше. Также применение данной технологии требует меньшей технической оснащенности. Полости внутри плит позволяют удалить избыточную воду с поверхности.

Для устройства плит используется манипулятор (рис. 4). Ремонт производится заменой поврежденных элементов и может быть выполнен в период до 3-х часов.

Рис. 4. Укладка дорожных плит Plastic Road [2]

Идея возникла на фоне экологических проблем с которыми стал-

киваются города. Растущие отходы, спрос на мобильность, уменьшение пространства. Однако к дорогам предъявляются все более жесткие требования. Асфальт безусловно очень хороший и надежный продукт для дороги. Но в последнее время требуется больше функциональности от конструкций, которые позволяет добиться технология PlasticRoad.

В 2017 году компания KWS с проектом PlasticRoad попала в финалисты престижнейшей премии Index: designtoimprovelife, в категории общество, в которой победу одержал проект Ethereum.

В настоящее время планируется строительство велосипедных дорожек для проведения испытаний нового вида покрытия.

Применение данной технологии поможет уменьшить степень загрязнения пластиковыми отходами, но массовое применение будет возможно только после проведения ряда испытаний и проверки временем новых конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Революция в строительстве дорог [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.plasticroad.eu/

2. Дороги из переработанных материалов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://iq.intel.ru/

3. Вечные пластиковые дороги [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.factroom.ru/

УДК 625.855.3

МНЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ О ТРОССОВОМ ОГРАЖДЕНИИ

М.М. Броян, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Производится описание мнений участников дорожного движения, которые являются непосредственно пользователями данного продукта, для получения в полной мере информацию о тросовых ограждениях.

Ключевые слова: *участники дорожного движения, трос, ограждение, мнения, наблюдения.*

OPINIONS OF ROAD USERS ON BARRIER ROPE

M.M. Broyan, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Is a description of the opinions of road users who are directly the users of the product, to obtain full information about rope barriers.

Keywords: *road users, cable, fencing, opinions, observations.*

Для формирования объективного мнения о тросовых ограждениях необходимо провести всесторонний анализ мнений участников дорожного движения, которые проезжали по участкам с установленным тросовым ограждением. Подобные мнения в настоящий момент времени в России не учитываются, несмотря на то, что их количество с каждым днем растет. Например, в Европейских странах (Норвегии, Дании и Голландии) учет мнений участников дорожного движения и в первую очередь водителей мотоциклов привел к тому, что их запретили к использованию на автомобильных дорогах.

Рассмотрим мнение наблюдателей:

Наблюдатель 1.

«Норвегия, Дания и Голландия - запретили эти троса именно из-за мотоциклистов».

Наблюдатель 2.

«У них не только разделительная, а ещё и обочина отгорожена. Там при падении вообще без шансов мимо такого забора пролететь».

Наблюдатель 3.

«Барьерное металлическое ограждение лучше. А для мотоциклиста опасность представляют не тросы, а вертикальные столбы, которые как на тросовом, так и на барьерном ограждении идут по низу».

Наблюдатель 4.

«Даже без учета мотоциклистов тросовые ограждения плохие. Если бы как на мкаде для ограждения была предусмотрена техническая полоса посередине - еще, куда ни шло.

В районе Истры поставили пару сотен метров таких. В итоге зимой слева и справа от этого ограждения снег не прочищается и двухполосная дорога превращается в однополосную.

Да и в сухую погоду водители бояться ехать прямо вдоль них и частью залезают на соседнюю полосу».

Наблюдатель 5.

«Только мне подумалось, что если на это ограждение не автобус наедет, а низкое авто или мотоцикл, то будет как то так (рис. 1)».

Рис. 1. Яйцерезка

Наблюдатель 6.

«Тросовые ограждения начали собирать урожай! на Дмитровке (рис. 2). Ездил в Кострому на мотоцикле, после Ростова длинные участки с подобным "отбойником" даже на машине ехать рядом как-то некомфортно».

Рис. 2. Смертельная авария на Дмитровском шоссе с участием мотоциклиста и тросового ограждения на 34 км

Наблюдатель 6.

«Если машина заденет барьерное или бетонное ограждение то это нестрашно – поцарапается и все. А тут точно закрутит. А про мотоцикл даже подумать страшно, только "черкани" - нога сразу может быть серьезно повреждена, а даже если дуга есть, то закрутит и выкинет под колеса автомобиля»

Наблюдатель 7.

«Если машина повредит тросовое ограждение и сами тросы, то потребуется значительные финансовые вложения, потому что придется заменить от 3 до 5 тросов на большом по протяженности участке, у металлических ограждений стоимость ремонта ограничиваются стоимостью и установкой профиля».

Наблюдатель 8.

«Ещё в том году поднимали шум насчёт установки этих тросовых отбойников. Машину оно может, выбросит, а вот для мотоциклистов это смертельная ловушка, практически не оставляющая шансов выжить. Чем не угодили бетонные отбойники, не понимаю. Хотя не исключено, что тросовые на бумаге стоят как бетонные. Быть может, для кого-то в этом и есть их смысл».

Наблюдатель 9.

«Тросовые отбойники проще и дешевле в установке и эксплуатации, кроме того, по статистике, они сокращают вероятность травм пассажиров автомобилей при столкновении с ними».

«Очевидно, что в случае мотоциклистов они являются травмоопасными».

Наблюдатель 10.

«Мотоциклист после падения или столкновения на прямолинейном участке трассы, скорее всего не врежется в этот лист или бетонный блок под тупым углом, и скорее проскользит вдоль него, что при хорошей защите его возможно не убъет и смертельно не покалечит. В случае тросового ограждения (да и тех же металлических профилей на относительно высокой опоре) вероятность того, что ему оторвет конечность или он головой влетит в опору конструкции выше, на мой взгляд. В Википедии утверждается, что статистика мою точку зрения не подверждает, но исходя из моей логики это так».

Наблюдатель 11.

«С 33-го по 35-ый км очень узкие полосы - очень неприятно. У п. Сухарево тоже самое».

Исходя из анализа мнений участников дорожного движения, можно сделать следующие выводы:

1) в основном мнение участников дорожного движения является негативным и это связано с неправильной установкой ограждений и отсутствием защиты для участников дорожного движения и в первую очередь для мотоциклистов;

2) в целом все участники дорожного движения считают необходимой мерой защиты от различных ДТП, но ограждения выполняя функцию защиты должны быть максимально безопасными для всех участников дорожного движения, без исключения. К сожалению, тросовое ограждение, как показали проведенные исследования, не являются безопасными;

3) очевидно, что для формирования положительного мнения о тросовом ограждении необходимо проведение модернизации этого ограждения и совершенствования его конструкции для повышения безопасности всех участников дорожного движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорожные ограждения [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/

2. Демьянушко И.В. Устройство тросовых ограждений / И.В. Демьянушко, И.А. Карпов, А.Г. Общев / МАДИ.

3. ГОСТ 26804-2012 Ограждения дорожные металлические барьерного типа.

4 Каталог продукции [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.s-lock.ru/floxim_files/content/upload_file/file/catalog_0.pdf.

УДК 656.1/.5

ЦЕНТРЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

А.С. Возженникова, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается понятие центра организации дорожного движения, его задачи и методы их решения.

Ключевые слова: *центр организации дорожного движения, организация дорожного движения, безопасность дорожного движения.*

THE CENTER OF THE ORGANIZATION OF TRAFFIC

A.S. Vozzhennikova, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The concept of the center for organizing traffic, its tasks and methods for their solution is considered.

Keywords: *the center of the organization of traffic, the organization of traffic, the safety of traffic.*

Центр организации дорожного движения (ЦОДД) – это структура, направленная на решение задач в области организации дорожного движения, определённой улично-дорожной сети.

Организация Дорожного Движения (ОДД) — это комплекс организационно-правовых и организационно-технических мероприятий, распорядительных действий по управлению движением на автомобильных дорогах, которые направлены на обеспечение безопасности дорожного движения.

Можно выделить семь наиболее значимых методических направлений ОДД и по каждому из них привести типичные способы реализации, изображенные на рис. 1. Таким образом если ЦОДД направлено на

решение задач в области ОДД, то данные задачи по каждому из направлений возлагаются на него:

1. Сбор информации о дорожном движении, таких как параметры пассажирских и транспортных потоков, дорожных условий, параметры экологического ущерба, действующей организации дорожного движения, статистику ДТП, данные по парковкам;

2. Оценка транспортных потоков, стратегий организации дорожного движения;

3. Моделирование транспортных и пассажирских потоков;

4. Разработка рекомендаций по повышению эффективности, безопасности организации дорожного движения УДС;

5. Планирование и внедрение безопасных, эффективных программ и схем организации дорожного движения, в том числе систем регулирования дорожного движения, оптимизации размещения светофорных объектов, информационных систем для обеспечения наибольшей эффективности использования дорог и дорожно-транспортных сооружений;

6. Подготовка расходов на организацию дорожного движения и парковок, включая затраты на внедрение стратегий, планов и схем;

7. Назначение экспертизы на проекты по организации дорожного движения и комплексные схемы организации движения, проекты строительства и реконструкции дорожной сети, маршрутов и схем движения пассажирского транспорта, которые разрабатываются другими организациями.

8. Непосредственное участие в разработке федеральных и городских проектно-планировочных норм для технических средств, используемых при организации дорожного движения;

9. Подготовка методического обеспечения, необходимого для создания эффективной и безопасной системы управления и организации дорожного движения и парковок;

10. Определение концепции развития уличных и общественных внеуличных парковок, разработка парковочных норм;

11. Проведения мероприятий в области организации дорожного движения, проектирования и планирования, выполнения работ, которые необходимы для бесперебойного функционирования системы дорожного движения;

Таким образом, можно заметить, что сферы, которые должен охватывать ЦОДД, достаточно широки. Данные задачи можно реализовать лишь при помощи большого количества различных инструментов, рассмотрим некоторые из них.

Транспортное моделирование - представляет собой наиболее точный на сегодняшний день инструмент оценки решений по развитию транспортной системы и совершенствованию ОДД. Инструмент модели-

рования предъявляет повышенные требования к качеству исходных данных, допускает относительно широкий набор альтернатив в выборе технологий моделирования, предоставляет значительное количество настраиваемых параметров и коэффициентов, а также показателей качества функционирования. От качества разработки и компетентности в использовании этого инструмента может зависеть эффективность капиталовложений в транспортную инфраструктуру.

Основываясь на функциональной роли моделей, т.е. на тех задачах, для решения которых они применяются, можно условно выделить три основные класса: прогнозные модели, имитационные модели, оптимизационные модели.

Прогноз загрузки транспортной сети включает в себя, как правило, расчет усредненных характеристик движения, таких как объемы межрайонных передвижений, интенсивность потока, распределение автомобилей и пассажиров по путям движения и др. При помощи этих моделей можно прогнозировать последствия изменений в транспортной сети или в размещении объектов. Модели прогноза потоков и имитационные модели ставят своей целью адекватное воспроизведение транспортных потоков. Существует, однако, большое количество моделей, предназначенных для оптимизации функционирования транспортных сетей. В этом классе моделей решаются задачи оптимизации маршрутов пассажирских и грузовых перевозок, выработки оптимальной конфигурации сети и др.

Стратегический уровень моделирования охватывает весь регион моделирования с внешними связями. Его главная задача – отображение и прогнозирование баланса между спросом на транспортные услуги и возможностями его удовлетворения различными видами транспорта.

Моделирование на тактическом уровне обеспечивает обоснованное принятие решений по модернизации транспортной сети, совершенствованию ОДД, а также позволяет выполнять оценку последствий от закрытия отдельных участков для выполнения ремонтных работ, массовых мероприятий и т.д. На оперативном уровне основное внимание уделяется детальному анализу пропускной способности отдельных транспортных связей и пересечений, а также влиянию режимов регулирования в АСУДД и ИТС, в том числе в режиме онлайн, когда модель включена в контур управления.

Исходя из целей проектирования ОДД транспортные модели должны быть способны:

- осуществлять оценку уровня потенциальной опасности на объекте проектирования при принятых решениях по организации и управлению движением,

- рассчитывать интенсивность движения различных категорий участников движения и уровень загрузки элементов улично-дорожной сети, параметры характеризующие условия движения,

- определять параметры, характеризующие уровень транспортного обслуживания отдельных территорий и/или объектов (прежде всего время сообщения при перемещении до рассматриваемой территории и/или объекта из заданных точек),

- определять параметры, необходимые для расчета экономических потерь при осуществлении дорожного движения транспортных средств и пешеходов, оценки воздействия от автомобильного транспорта на окружающую среду.

Надежное функционирование транспортной инфраструктуры крупных городов в настоящее время во многом связывают с активным управлением информационными ресурсами транспортных сетей. Создание механизмов информационного сопряжения подсистем ИТС города приобретает также особую актуальность и в задачах удовлетворения потребностей участников дорожного движения. Система управления дорожным движением приводит в действие процесс, базирующийся на детектировании транспортных потоков в реальном времени, т.е. на получении связанных данных, которые будут использоваться при оперативном управлении и прогнозировании. Для осуществления косвенного управления транспортными потоками города с помощью информации необходимо обеспечить взаимосвязь систем получения, передачи, обработки и отображения данных, что говорит о первичности создания интеллектуальной транспортной системы города.

Управление парковочным пространством включает в себя следующие процессы:

- предоставление данных об организованной уличной парковке и автостоянках;

- определение прочих парковочных зон (в т.ч. неорганизованной уличной парковки и дворовой парковки);

- предоставление интерфейса для оператора организованной парковки;

- динамическое определение наличия свободных парковочных мест;

- управление архивными данными о состоянии парковки и наличии свободных мест;

- автоматическое детектирование транспортных средств на парковочном месте;

- вывод информации о наличии парковочных мест для водителей.

Задачи моделирования при использовании навигационных систем способствуют распределению транспортных потоков, предоставляя возможность водителю определить альтернативный маршрут, используя централизованные системы с заложенным алгоритмом оптимизации с учетом текущих транспортных условий. Среди популярных в России подобных программных продуктов, можно выделить навигатор Garmin, Ситигид, Навител, Автоспутник, Pocket GIS, TomTom, ПроГород, Сервисы Google и «Яндекс».

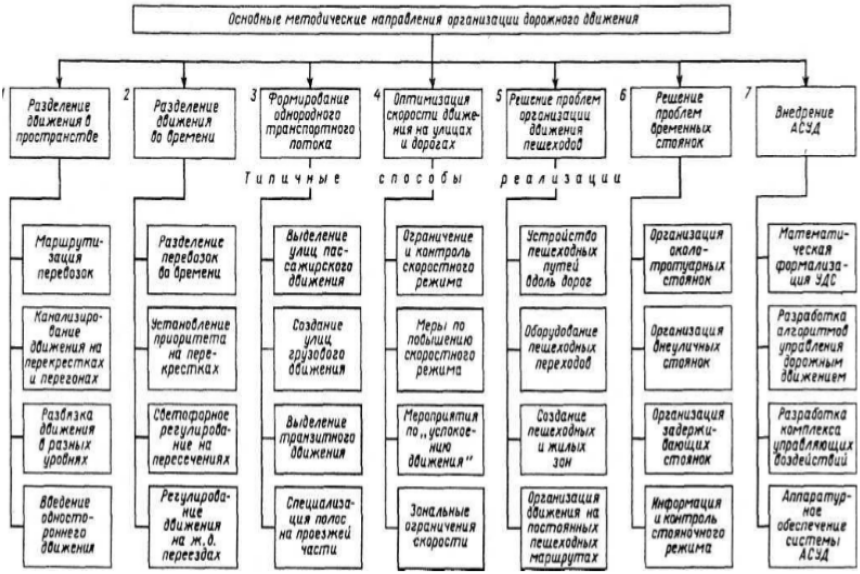


Рис. 1. Основные методические направления организации дорожного движения и типичные способы их реализации [1]

Для внедрения ИТС и его последующего успешного функционирования, требуется создание единого центра управления. Такие центры функционируют в Сеуле, Турине, Лос-Анджелесе и многих других городах зарубежных стран. Данные центры были образованы в 80-90-х гг. В середине 90-х гг. были реализованы проекты внедрения ИТС. Основа всех ИТС - непрерывный сбор информации о загруженности дорог, скорости потоков, ДТП, условиях движения ТС. Собранная информация о транспортных потоках поступает в центр и предварительно обрабатывается. В конечном итоге - система полностью управляет транспортными потоками. В России также имеется опыт создания успешно функциони-

рующих центров организации дорожного движения, это ГКУ «ЦОДД Правительства Москвы» и ГКУ «ДОДД Санкт-Петербурга».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные направления и способы организации дорожного движения [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://lektsii.org/2-74739.html

2. *Клинковштейн Г.И.* Организация дорожного движения: учеб.для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 2001. 247 с.

УДК 67.08

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОСФОГИПСА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Д.В. Герасимов, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются существующие на данный момент и перспективные варианты использования фосфогипса в строительной отрасли.

Ключевые слова: *фосфогипс, отходы, вторичная переработка.*

USE OF PHOSPHOGYPSE IN THE BUILDING INDUSTRY

D.V. Gerasimov, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers current and prospective options for the use of phosphogypsum in the construction industry.

Keywords: *phosphogypse, waste, recycling.*

Планета, на которой обитает человечество – планета Земля, всегда представлялась человеку как нечто несокрушимое и статичное. До недавнего времени люди даже не задумывались, что в результате бурного развития промышленности, многократного перенаселения Земли, нашей планете понадобится помощь, чтобы справляться с растущим уровнем загрязнения биосферы Земли.

Современная промышленность производит огромное разнообразие товаров и материалов, но при производстве полезных продуктов, образуется большое количество отходов, пагубно влияющих на природу.

Изначально человек пытался изолировать промышленные отходы от воздействия атмосферы и осадков, путем захоронения в земле, однако пагубного воздействия на чистоту грунтовых вод и земли избежать не удалось. Осознавая эту проблему, в середине прошлого века, было решено отказаться от подобной практики. Кроме того, растущие экономики

развитых стран столкнулись с проблемой недостатка сырья для производства новых товаров и материалов. Решением проблемы стало вторичное использование и переработка промышленных отходов.

Одной из наиболее подходящих отраслей для вторичного использования промышленных отходов является строительство, так как в этой отрасли удовлетворяется наиболее важное требование к возможности вторичной переработки – материалоёмкость.

Например, в современном строительстве активно используется строительный гипс, цена которого в зависимости от марки составляет от 2500 до 10000 рублей за тонну. Прежде чем попасть на строительную площадку гипс проходит несколько стадий обработки. Однако, не многие знают о материале – отходе химической промышленности, сильно похожего по свойствам на гипс. Данный материал перед вторичным использованием требует намного меньше ступеней обработки, либо не требует их вовсе, а его цена в зависимости от уровня конечного качества продукта варьируется от 0 до 3500 рублей за тонну. Данный материал известен под названием – гипс технический или фосфогипс.

Фосфогипс – побочный продукт производства фосфорной кислоты, представляет собой двуводный гипс с примесями серной и фосфорной кислот, а также кремнезема, фосфата и фторидов. В настоящее время, предприятиями производящими минеральные удобрения, накоплено около 200 млн. т фосфогипса и ежегодно эти цифры растут на 10…15 млн. т [1]. На рис. 1 представлен отвал завода АО «Воскресенкие минеральные удобрения» – одного из крупнейших подобных заводов в России.

Рис. 1. Воскресенский отвал фосфогипса [2]

Отвалы фосфогипса образуют огромные белые горы, занимающие значительные земельные площади, они пылят на ветру и загрязняют водоносные слои вредными растворимыми соединениями фтора, фосфора и другими примесями [1].

Исходя из вышесказанного, назрела необходимость последующей переработки и использования фосфогипса.

На сегодняшний день существует два пути последующей переработки фосфогипса:

- с предварительной очисткой, нейтрализацией и обжигом;
- без нейтрализации и очистки.

В случае использования технологии получения из фосфогипса строительного безводного или полуводного гипса, предусматривающей предварительную промывку и дробление крупных агрегатов, с последующей нейтрализацией оставшихся в процессе переработки фосфатного минерального сырья кислот и кислотных оксидов известковым молоком, приготовленным из извести строительной по ГОСТ 9179-77. Количество извести, необходимой для нейтрализации фосфогипса невелико, и не превышает 0,05 % от массы фосфогипса [3]. Далее следует процесс дегидратации до полугидрата при температуре 110…200 °С или ангидрита при температуре 600…700 °С в барабанных печах или автоклавах соответственно. Полученный после вторичной переработки полуводный или безводный гипс не отличается от продукта, полученного из гипсового камня при традиционной переработке, маркируется марками от Г-2 до Г-50 и используется для:

- гипсовых вяжущих;
- гипсовых стеновых панелей и блоков, гипсокартона;
- элементов декора и лепнины;
- скульптуры и создания малых архитектурных форм;
- сокращения сроков схватывания бетонов.

Данный путь переработки целесообразно использовать сразу на этапе получения фосфогипса на заводе по переработке фосфатного минерального сырья, так как это позволит исключить этапы предварительной промывки и дробления крупных комьев фосфогипса. Также возможно использование двухпоточной схемы организации переработки, в которой помимо основной (прямой) лини переработки непосредственно после образования побочного фосфогипса будет перерабатываться фосфогипс уже находящийся в отвале.

Без предварительной подготовки фосфогипс используется:

- в области дорожного строительства в качестве верхнего или нижнего слоя основания;
- для экономии более дорогостоящих цементных вяжущих;
- в сельском хозяйстве в качестве мелиоранта засоленных и щелочных почв;
- в качестве добавки в клинкер при производстве портландцемента для экономии топлива и повышения качества обжига.

На настоящий момент применение в сельском хозяйстве нецелесообразно, в связи с небольшой распространенностью засоленных и щелочных почв, удаленности мелиоратируемых почв от отвалов фосфогипса и нехватки выделяемых средств на химическую мелиорацию подобных почв. Поэтому наиболее перспективным вариантом утилизации фосфо-

гипса является его использование в дорожном строительстве. На сегодняшний день его применение в дорожном строительстве регламентируется СТО 24406528-01-2016 [4] и «Методические рекомендации по применению фосфодигидрата сульфата кальция при строительстве автомобильных дорог» [5]. Согласно указанным выше документам, технология заключается в укладке фосфогипса на предварительно выравненное и уплотненное естественное основание или насыпь земляного полотна слоем в 30…50 см, с последующим уплотнением вибрационными грунтовыми катками сначала без вибрации, с последующим включением режима вибрации за 8…12 проходов по одному следу, с перекрытием следа 15…30 см. Влажность фосфогипса в процессе уплотнения необходимо поддерживать впределах 20…30 %. В результате получается прочное основание, похожее по характеру поведения в составе конструкции дорожной одежды на тощий бетон или основания из грунта укрепленного минеральным вяжущим, такими как гипс или известь.

В настоящий момент в России ведутся работы по включению фосфогипса в состав асфальтобетона в качестве минерального порошка. По предварительным данным, полученный по такой технологии асфальтобетон превосходит ныне существующие типы асфальтобетона по прочностным характеристикам в 1,5…2,0 раза.

Таким образом, уже сегодня, можно начать решение проблемы загрязнения окружающей среды фосфогипсом, для данной задачи разработано множество схем переработки, позволяющих получать из промышленного отхода полезную продукцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Скайград [Электронный ресурс] / Сайт группы компаний по переработке отходов. Режим доступа: http://skygrad.squarespace.com.
2. Воскресенск 24 [Электронный ресурс] / Новостной портал. Режим доступа: http://воскресенск-24.рф.
3. NEWCHEMISTRY.ru [Электронный ресурс] / Аналитический портал химической промышленности. Режим доступа: http://www.newchemistry.ru.
4. СТО 24406528-01-2016. Рекомендации по устройству расчетных слоев дорожных одежд из фосфогипса дорожного. Балаково.: АО «Апатит», 2016. 22 с.
5. «Методические рекомендации по применению фосфодигидрата сульфата кальция при строительстве автомобильных дорог». М.: СоюзДорНИИ, 1989. 36 с.

УДК 625.7/.8

ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОГИПСА В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

М.С. Лукьянчикова, Ю.А. Касаткина, А.А. Игнатьев

Научный руководитель - А.А. Инатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается применение фосфогипса в дорожной отрасли.
Ключевые слова: *фосфогипс, асфальтобетон.*

APPLICATION OF PHOSPHOGYPSE IN THE ROAD SECTOR

M.S. Lukyanchikova, Y.A. Kasatkina, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The application of phosphogypsum in the road industry is considered.
Keywords: *phosphogypsum, asphaltic concrete.*

Проблема переработки и утилизации промышленных отходов считается одной из самых крупных проблем XXI века**.** В настоящее время в отвалах промпредприятий России накоплено около 200 мл.тонн фосфогипса и ежегодно эти цифры увеличиваются на 10-15 млн. тонн отходов.Самые известные отвалы: Отвалы фосфогипса под Балаково, в Воскресенском районе Московской области, Ставропольский край - Невинномысск.

Отвалы фосфогипса образуют огромные белые горы, занимающие значительные земельные площади, они пылят на ветру, попадают в почву, загрязняют водоносные слои вредными растворимыми соединениями фтора, фосфора и другими примесями.

Существует неоднозначное мнение о безопасности фосфогипса. Одни эксперты говорят: «Материал является экологически чистым и безопасным во время производства, строительства и при нахождении в грунте. Устроенное с соблюдением технологии дорожное покрытие не пылит. Фосфогипс дорожный в окружающей среде не трансформируется.

Материал не выделяет газы, вредные для озонового слоя Земли. У материала не происходит химических изменений или реакций в земле, самовозгорания или образования токсичных веществ».

Но есть и такие специалисты, которые считают, что фосфогипс оказывает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Так, «для предупреждения вредного воздействия фосфогипса дорожного на окружающую среду необходимо не допускать его рассеивания в воздушной среде и попадания в открытые водоемы и грунтовые воды. При транспортировании фосфогипса в случае его высыхания в воздушную среду может выделяться пыль, вызывающая слабое раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей». Кроме того, по истечении трех суток после выхода из цеха фосфогипс использовать запрещено.

Фосфогипс - побочный продукт производства экстракционной фосфорной кислоты, получаемой при разложении фосфатного сырья или апатитового концентрата смесью серной и фосфорной кислот дигидратным способом, и является вторичным материальным ресурсом. Одним из основных направлений утилизации фосфогипса является получение на его основе гипсовых вяжущих, использование фосфогипса в технологии портландцемента является вторым наиболее распространенным способом его переработки (Мольков и др., 2006).

В последнее время фосфогипс с успехом используется в таких сферах, как сельское хозяйство, производство строительных материалов, а также в процессе благоустройства дорог для возведения нижнего слоя асфальтобетонного покрытия, где его применяют как минеральный материал. Стоит отметить, что такой продукт, как фосфогипс, по всем параметрам соответствует нормативам о безопасности окружающей среды и здоровья человека, что подтверждено заключениями не только отдельных экспертов, но и Роспотребнадзора. Использование фосфогипса в строительстве дорог позволяет сделать толщину основания дорог гораздо меньше, а по прочностным характеристикам данный материал можно сравнить с бетоном М 300, что означает его полное соответствие всем существующим на сегодняшний день требованиям.

Более того, дорожные конструкции, построенные с использованием фосфогипса, по многим характеристикам, даже превосходят привычные цементно-грунтовые и щебеночные дорожные основания, и по завершению всех работ по асфальтированию новую дорогу никак нельзя отличить от традиционного асфальтобетонного полотна, которое отличается от бетонных дорог еще и тем, что на нем полностью отсутствуют так называемые тепловые стыки.

К преимуществам дорожного покрытия из фосфогипса можно отнести:

• Отсутствие колеи, которая нередко образуется при длительной эксплуатации традиционного асфальтобетонного покрытия, независимо от веса техники, которая по нему передвигается.

• Экономическая выгодность применения фосфогипса в асфальтировании.

• Отсутствие тепловых швов и стыков на готовом асфальтобетонном покрытии, которое получается еще более ровным и гладким, а значит — безопасным и привлекательным внешне.

• Высокую прочность, которую можно сравнить только с бетоном марки 300.

• Возможность укладки такого покрытия для благоустройства дорог практически на любое основание, даже если дорогу необходимо проложить посреди поля, для этого вовсе необязательно снимать верхний слой грунта или корчевать корни кустарников и деревьев, которые каменеют и также становятся неотъемлемой частью нового дорожного полотна. При необходимости строительства дорог на болоте, необходимо дополнительно установить армирующую сетку, при этом толщина готового покрытия увеличится примерно на 30-40 см.

• Возможность строительства дороги с применением фосфогипса в зимнее время. В отличие от бетона, под воздействием низких температур данный материал не теряет своих связующих качеств.

• Срок службы готового покрытия, при строительстве которого был использован фосфогипс, составляет не менее 60 лет.

• Дорога, построенная с применением фосфогипса, уже спустя четыре дня может быть введена в эксплуатацию.[1]

Учитывая все перечисленные достоинства дорожного покрытия из фосфогипса, можно полагать, что спустя какое-то время данный материал вполне может вытеснить другие, более традиционные и, кстати, довольно дорогостоящие, которые применяются в дорожном строительстве на сегодняшний день.

Исследования токсичности.

Е.С. Яцун и Б.Г. Печеный (2006) исследовали возможность применения фосфогипса в качестве материала для основания дорог. Было выявлено, что фосфогипсовое основание независимо от влажности является весьма прочным и ровным при постоянном движении бульдозеров и большегрузных автомобилей. Шеном с соавт. (Wei-guoShen, 2009) была разработана смесь из твердых промышленных отходов (стальной шлак, летучая зола, фосфогипс) для ее последующего использования в качестве дорожного материала. Опытным путем была доказана более высокая прочность и износостойкость смеси по сравнению со смесью известь - летучая зола.

Цель настоящего исследования - дать оценку опасности загрязнения почвогрунтов, растительности элементами Sr, F, Ni, Cu,Zn, As, Pb, при строительстве и функционировании фосфогипсовой дороги после нескольких лет эксплуатации.

Исследования проводились на двух объектах: на фосфогипсовой дороге с асфальтобетонным покрытием и без покрытия. Обе дороги расположены в Балаковском районе Саратовской области (пос. Быков Отрог). Фосфогипсовая дорога с асфальтобетонным покрытием была построена осенью 2007 года как подъездная автодорога к санкционированной свалке твердых бытовых отходов (ТБО). Фосфогипс использовался при строительстве в качестве основания автодороги. Обследование территории около этой дороги проводилось дважды: на следующий год после строительства и через 5 лет эксплуатации данной дороги.

Фосфогипсовая дорога без асфальтобетонного покрытия была построена одновременно с первой, она образует подъезд к фермерскому хозяйству. Исследование прилегающей к ней территории проводилось только один раз, на пятый год после отсыпки дороги.

Отбор образцов около дороги с покрытием в 2008 и 2012 гг. проводили по одинаковой схеме. Перпендикулярно дороге через 50 м были заложены 6 трансект длинной 50-52 м. Расстояние между точками опробования по трансекте увеличивалось по мере удаления от дороги. Также, были взяты образцы близ лежащих водоемов. Расположение точек опробования в 2012 г. в начале трансект немного отличалось от схемы 2008 г., так как на некоторых трансектах ближние к дороге точки стали недоступны из-за скоплений мусора на откосах и наличия воды в широких понижениях, образовавшихся на месте бывших придорожных канав. На каждой трансекте закладывалось по 8 точек опробования. Из понижений, заполненных водой, были отобраны пробы воды.

Сопоставление данных анализов, полученных в образцах, отобранных около фосфогипсовой дороги без асфальтобетонного покрытия, с результатами анализов образцов, отобранных около дороги с асфальтобетонным покрытием, показало, что, хотя содержание водорастворимого фтора в почвах выше около дороги без асфальтобетонного покрытия, оно не превышает ПДК по этому элементу.

Выводы, полученные исследователями:

1. Проведенные исследования показали, что пятилетняя эксплуатация фосфогипсовой дороги с асфальтобетонным покрытием и без него в условиях степной зоны не оказала неблагоприятного воздействия на обследованную территорию. На экологическое состояние территории оказывает влияние свалка бытовых отходов, расположенная вдоль дороги.

2. У фосфогипсовых дорог без асфальтобетонного покрытия идет механическое растаскивание фрагментов фосфогипса, что в конечном итоге может привести к загрязнению окружающей территории.

3. Можно рекомендовать использование фосфогипса в дорожном строительстве для сооружения оснований дорог.[2]

10 января 2017 г. В Федеральном дорожном агентстве (ФДА "Росавтодор") Министерства транспорта Российской Федерации был согласован Стандарт организации "Рекомендации по устройству расчётных слоев дорожных одежд из фосфогипса дорожного". Этот документ позволит широко применять в строительстве и ремонте дорог гипс технический (фосфогипс) производства Балаковского филиала АО "Апатит". Работу над стандартом начали ещё в июле 2015 года. Стандарт организации позволяет широко применять технический гипс при строительстве дорог 1-5 категории и устанавливает, что эта технология не только безопасна, но и эффективна, поскольку на 30% снижает стоимость километра дороги. Ещё во времена СССР технический гипс (фосфогипс) успешно применяли в дорожном строительстве. Теперь с принятием Стандарта эта практика должна возродиться.

Выводы:

1. Проведенные исследования показали, что пятилетняя эксплуатация фосфо-гипсовой дороги с асфальтобетонным покрытием и без него в условиях степной зоны не оказала неблагоприятного воздействия на обследованную территорию. На экологическое состояние территории оказывает влияние свалка бытовых отходов, расположенная вдоль дороги.

2. У фосфогипсовых дорог без асфальтобетонного покрытия идет механическое растаскивание фрагментов фосфогипса, что в конечном итоге может привести к загрязнению окружающей территории.

3. Можно рекомендовать использование фосфогипса в дорожном строительстве для сооружения оснований дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Электронный ресурс. Режим доступа: [http://www.b-construction.ru/poleznaya-informacziya/fosfogips.html]

2.Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.scienceforum.ru/2017/pdf/38420.pdf]

2 СТО 24406528-01-2016.

УДК 625.741

СИСТЕМЫ ВЗВЕШИВАНИЯ В ДВИЖЕНИИ

Д.В. Герасимов, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются преимущества и недостатки существующих на данный момент технических средств контроля веса транспортных средств.

Ключевые слова: *Весовой контроль транспортного средства, статические весы, взвешивание в движении, датчик, дорожное покрытие.*

WEIGHT IN MOTION SISTEM

D.V. Gerasimov, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article examines the advantages and disadvantages of the current technical means of controlling the weight of vehicles.

Ключевые слова: *Weight control of the vehicle, static balance, weighing in motion, sensor, road surface.*

Проблема качества дорог волнует человечество многие тысячи лет, начиная с того дня, когда первое изобретенное человеком колесо коснулось земной поверхности.

В наши дни, по дорогам уже не едут телеги или кареты, а мчатся на огромной скорости автомобили – произведения искусства техники и науки. Современные автомобили нуждаются в современных дорогах. Инженеры и ученые разных стран постоянно работают над улучшением свойств строительных материалов. Каждый год появляются новые методы строительства, позволяющие повысить эксплуатационные свойства автомобильных дорог. Однако развитие автомобильного транспорта также не стоит на месте. Современные грузовые машины и самосвалы способны перевозить грузы до 25…50 тонн, а вес крупных негабаритных грузов может достигать 100…150 тонн. Не многие автомобильные дороги

рассчитаны на воздействие подобных нагрузок, особенно старые трассы, запроектированные многие десятки лет назад. Перевозка грузов по дорогам, рассчитанным для таких нагрузок, может значительно затянутся по времени. Следствием этого, будет удорожание транспортировки груза и повышение цены конечного товара. Поэтому, несмотря на все запреты, многие грузоперевозчики пренебрегают правилами и транспортируют груз по дорогам с нарушением максимально допустимой массы транспортного средства и грузоподъемности дороги. Помимо нарушений весового режима, существует проблема сезонного ухудшения прочности дорожной одежды и земляного полотна автомобильной дороги. Весной и осенью, в период активного таяния снега и осенних дождей, грузоподъемность дорог значительно снижается, по причине чрезмерного водонасыщения несущих элементов дороги водой. Превышение расчетной грузоподъемности автомобильной дороги или перегруз транспортного средства влечет за собой разрушение дорожной одежды, образование трещин, выбоин и появление колеи от колес. Как следствие, дорога перестает выполнять свое прямое функциональное назначение и приходит в негодность раньше расчетного срока эксплуатации. По оценке Росавтодора размер ежегодного ущерба, наносимого дорогам России автотранспортом со сверхнормативным весом, достигает 2,6 трлн. руб [1]. Чтобы решить данные проблемы и сэкономить средства «дорожного бюджета», правительством многих стран, в том числе и Российской Федерации, было решено организовать весовой контроль транспортных средств.

Самым известным и наиболее примитивным способом является – способ статического взвешивания на стационарном пункте весового контроля. Взвешивание осуществляется с одновременным (рис. 1а) или последовательным взвешиванием осей (рис. 1б) транспортного средства.

а) б)

Рис. 1. Весы статические [2]:
(а) одновременного взвешивания (б) поосного взвешивания

В методе одновременного взвешивания применяются электронно-механические весы в виде крупногабаритной платформы, оснащенной тензодатчиками. Способ одновременного взвешивания позволяет определить полную массу автомобиля с точностью до 1,5 %. Однако для полу-

чения достоверных результатов измерений осевых нагрузок данный способ непригоден. Кроме того, транспортное средство необходимо полностью располагать на поверхности весов, а габариты разных транспортных средств могут значительно отличаться. Данные недостатки не позволили распространиться подобным весам на дорогах общего назначения, в связи с широким разнообразием транспортного потока. Поосное взвешивание производится для каждой оси автомобиля с помощью одной пары весов или одной платформы. Автомобиль становится колесами каждой оси на весы, что позволяет более точно определить осевую нагрузку и обеспечить возможность взвешивания грузовых автомобилей любой длинны с любым количеством осей. Однако в связи с особенностями подвески автомобилей, сумма нагрузок от всех осей не будет равна общей массе автомобиля. Более того, при повторном взвешивании одной и той же оси весы будут показывать разные показания в связи: с перемещениями центра масс перевозимого груза; эффектами трения в подвеске; дефектами формы колес и рельефа дороги. Поэтому помимо погрешности весов, составляющей порядка 1,0…1,5 %, принято учитывать погрешность сопутствующих факторов, которая составляет 5 % – при определении полной массы транспортного средства и 10 % – при определении осевой нагрузки [3]. Кроме того, взвешивание одной фуры или грузовика занимает от 30 до 40 минут и пропускная способность пункта статического взвешивания составит от 36 до 48 грузовых автомобилей в сутки.

Ключевым недостатком систем статического взвешивания является низкая пропускная способность. Решением данной проблемы стали пункты взвешивания в движении (WIM).

Система WIM позволяет производить взвешивание транспортного средства без его остановки, что приравнивает пропускную способность пункта весового контроля к пропускной способности участка автомобильной дороги. Системы WIM полностью автоматизированы, взвешивание транспортного средства происходит мгновенно, без участия человека, с автоматической фиксацией номера транспортного средства.

Стандартный набор комплекта системы WIM (рис. 2) включает:

1 - набор датчиков, устанавливаемых в дорожное полотно;

2 - система видео фиксации;

3 - блок обработки данных;

4 - блок хранения и передачи данных.

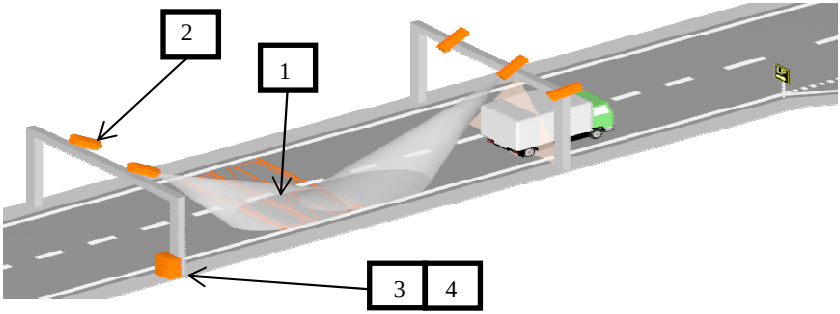


Рис. 2. Система Weight in motion (WIM system) [4]

Датчики устанавливаются перпендикулярно движению, на каждой полосе в 2…3 дублированных ряда, для повышения точности измерений и сопоставления информации с каждой из групп датчиков.

При скоростях до 130 км/ч и температурах от минус 40 °С до плюс 70 °С, система WIM обеспечивает учет следующих характеристик:

- общая масса транспортного средства, осевая/колесная нагрузка;
- скорость транспортного средства;
- габариты и межосевое расстояние транспортного средства;

Помимо этого, система WIM может осуществлять дополнительные функции, которые могут быть полезны для дорожной полиции и дорожных служб.

К дополнительным функциям можно отнести:

- предоставление данных о нарушениях скоростного режима;
- контроль температуры дорожного полотна.

Чувствительные к нагрузкам от 1 кН до 200 кН датчики монтируются непосредственно в дорожное полотно, что обеспечивает беспрепятственный проезд транспортных средств через пункт весового контроля без снижения скорости (рис. 3).

Рис. 3. Датчики измерения веса [5]:

(а) кварцевый датчик (б) датчик изгиба пластины

На данный момент существуют несколько типов систем WIM, отличающихся типом используемых датчиков: пьезоэлектрические (поли-

мерные или керамические), ёмкостные, кварцевые и датчики изгиба пластины.

Первые два типа датчиков нежелательны для использования в условиях перепадов температур, в связи с погрешностью измерений при изменении температуры дорожного покрытия в 40…50 %.

При перепадах температур от минус 40 ℃ до плюс 70 ℃, погрешность измерений кварцевых датчиков и датчика изгиба пластины, составляет всего 1,5…7,0 %. Данная погрешность легко устраняется введением в формулу расчета температурного коэффициента [6].

Зарубежный опыт показывает, что процент перегруженных транспортных средств снизился с 30 % до 2 %, с введением в строй систем WIM. Этот факт позволяет утвердительно ответить на вопрос надобности установки подобных систем в России [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

6. Росавтодор [Электронный ресурс] / Сайт федерального дорожного агентства. Режим доступа: http://rosavtodor.ru.
7. Entero [Электронный ресурс] / Каталог продукции. Режим доступа: http://www.entero.ru.
8. Тензо|М [Электронный ресурс] / Сайт производителя весоизмерительной техники. Режим доступа: https://www.tenso-m.ru.
9. Camea [Электронный ресурс] / Сайт производителя весоизмерительной техники. Режим доступа http://camea.cz.
10. *Piotr Burnos.* Thermal Property Analysis of Axle Load Sensors for Weighing Vehicles in Weigh-in-Motion System / Piotr Burnos, Janusz Gajda // Krakow, Poland 12/2016.
11. *Piotr Burnos*. The Effect of Flexible Pavement Mechanics on the Accuracy of Axle Load Sensors in Vehicle Weigh-in-Motion Systems / Piotr Burnos, Dawid Rys // Gdansk, Poland 9/2017.

УДК 625.073

ОПИСАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗАМАЧИВАНИИ И СУШКЕ ОБРАЗЦОВ ГРУНТА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ОСНОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

А.Д. Баранник, А.К. Кирсанов, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Приводится описание и объяснение физических процессов, происходящих в образцах грунта при замачивании и сушке на определенный срок.

Ключевые слова: *уплотнение грунтов, песок мелкий, песок средней крупности, скелет грунта, замачивание, сушка, график, строительный объект, плотность.*

DESCRIPTION OF PHYSICAL PROCESSES AT HUMIDIFICATION AND DRYING SAMPLES OF SOIL TO INCREASE THE STRENGTH OF THE ARTIFICIAL FOUNDATION OF THE HIGHWAY

A.D. Barannik, A.K. Kirsanov, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor - A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A description and explanation of the physical processes occurring in soil samples during soaking and drying for a certain period is given.

Keywords: *soil compaction, fine sand, sand medium size, soil skeleton, soaking, drying, schedule, building site.*

Дорожное основание – это нижний слой дорожной одежды, воспринимающий нагрузку от автомобильного транспорта совместно с покрытием и предназначенный для ее распределения на дополнительные слои или непосредственно на грунт рабочего слоя земляного полотна.

Основным материалом для возведения оснований является песок. При строительстве на территории России весь используемый песок должен соответствовать ГОСТ 8723-93*. Существует несколько классификаций песков: по модулю крупности, по способу добычи, по зерновому составу, по прочностным характеристикам.

Песок – это трехфазная система, которая включает в себя воздух, воду и твердые частицы. Главная цель уплотнения – перекомпоновка частиц песка, создающая прочное основание, качество которого удовлетворяло бы требованиям нормативной документации. Сделать это можно несколькими способами: увеличением нагрузки на грунт и увеличением времени приложения нагрузки с доувлажнением песка до значения оптимальной влажности, при котором плотность скелета песка будет максимальной.

Задачей лабораторных исследований является проверка изменения плотности скелета грунта, если песок не только доувлажнить до значения оптимальной влажности (стандартная методика согласно ГОСТ 22733-2002), а выдержать в таком состоянии 24 часа, и затем провести сушку образцов. В процессе выдерживания через 1, 2, 4, 6, 8, 10 и 24 часа проводились испытания на приборе стандартного уплотнения для контроля изменения плотности скелета песка. В исследованиях использовались: песок мелкий из месторождения Ермолино, песок средней крупности из месторождения Воробинское Ярославской области.

По завершению всех этапов получены следующие результаты:

1) Плотность скелета песка мелкого при замачивании сначала уменьшается на отметке 1 час, затем на отметке 4 часов она достигает своего максимума, после чего начинает постепенно снижаться до конца эксперимента с незначительным возрастанием на отметке 10 часов.

2) Плотность скелета песка средней крупности максимальна сразу при замачивании. Выдержка даже в 1 час значительно уменьшает плотность скелета грунта. В течение оставшегося времени плотность не меняется, график не имеет экстремумов.

3) Плотность скелета обоих образцов песка при сушке постоянно уменьшается, графики экстремумов не имеют.

Данным изменениям плотности скелета обоих образцов требуется научное объяснение.

При углубленном рассмотрении твердых частиц песка выделяется неоднородность зерна. Оно состоит из твердого ядра (7 единиц по шкале Мооса) и менее прочной (4-5 единиц по Моосу) оболочки, толщиной 2-30 мкм.

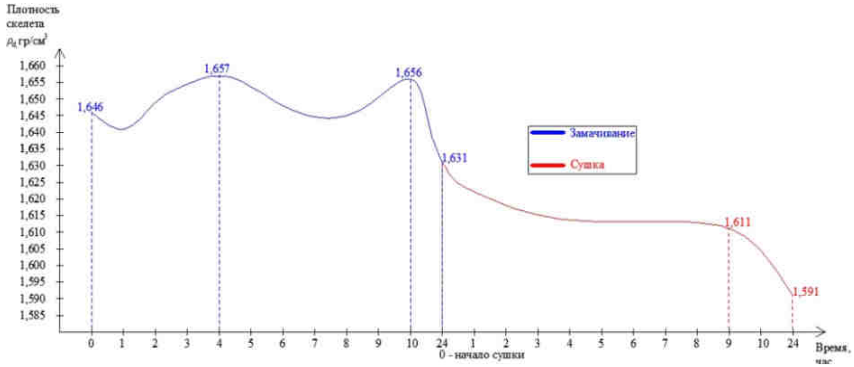


Рис. 1. Сводный график изменения плотности скелета мелкого песка

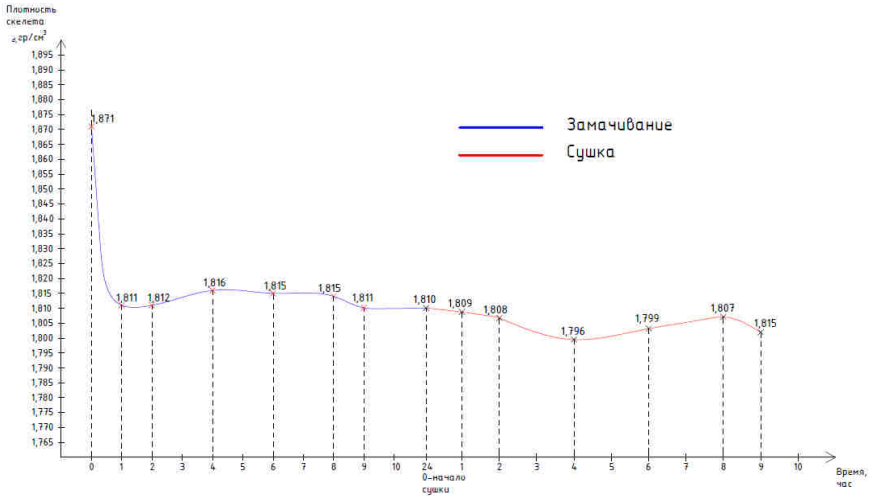


Рис. 2. Сводный график изменения плотности скелета песка средней крупности

Состав оболочки также неоднороден, в отдельных частях она может иметь субмикрокристаллическую структуру, и в других находиться в аморфном состоянии. И именно оболочка играет основную роль при

взаимодействии частиц грунта под нагрузкой, в более конкретном случае будет разбирать процесс уплотнения.

Оболочка ядра является анизотропной и обладает высокой пористостью, при её увлажнении наблюдается снижение механических характеристик, так как она может впитывать в себя влагу.

Было выделено 3 стадии межфазного взаимодействия частиц песка в зависимости от приложенной нагрузки. В первой стадии, характеризующейся линейной зависимостью между приложенной нагрузкой и деформацией в грунте, зерна взаимодействуют между собой по средству оболочек. На второй стадии происходит качественное изменение состояния вещества оболочки, которое обуславливается продавливанием оболочек и контактом зерен непосредственно через структуру оболочки. Смачивание оболочек на первой и второй стадии приводит к уменьшению трения между частицами. При действии нагрузки превышающей значение на первой и второй стадиях, всё у большего количества зерен происходит полное продавливание оболочек и трение происходит ядро по ядру. Смачивание контактов взаимодействия частиц дает снижение трения в несколько раз. Это третья стадия межфазного взаимодействия.

Уменьшение плотности скелета обоих видов песков объясняется первой стадией межфазного взаимодействия частиц. Важную роль в данном случае имеют две характеристики оболочек частиц песка: анизотропность и пористость. В начале исследований при введение в сухой песок воды, оболочки начинают впитывать эту влагу и разбухать, увеличиваясь в объеме. Следовательно, мы получаем уменьшение плотности скелета песка.

Исследования, проведенные на отметке 4 часа после начала выдерживания, показывают, что наступила 3 стадия межфазного взаимодействия частиц песка. К этому времени оболочки разбухли, потеряли прочность и продавились при приложении нагрузки. Зерна песка при уплотнении контактировали непосредственно друг с другом, а вода ещё больше уменьшала коэффициент трения.

Как видно из результатов исследований, на 4 часах выдержки был достигнут максимальный смазывающий эффект между частицами песка.

Предполагаем, что при более длительном выдерживании песка неразрушенные оболочки частиц песка продолжают впитывать в себя влагу и разбухать ещё больше. Возникает демпфирующий эффект и дальнейшего роста плотности скелета песка в условиях данного исследования достичь невозможно, так как требуется приложение существенно большей уплотняющей нагрузки для перекомпоновки структуры песка.

Снижение плотности скелета при сушке объясняется постепенным уменьшением влаги в песке, а как следствие этого и понижение смазы-

вающего эффекта от воды. Без изменения нагрузки и при снижении влажности плотность скелета будет снижаться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 22733–2002 Грунты. Методы лабораторного определения максимальной плотности [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://murmansk-tisiz.ru/rar/gost/geo/gost_22733-2002.pdf

2. *Болдырев Г.Г.* Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах) / Г.Г. Болдырев, М.В. Малышев. М.: Изд-во ассоциации строительных вузов, 2004. 328 с.

3. *Королев В.А*. Термодинамика грунтов / В.А. Королев. М.: Изд-во ООО «Сам полиграфист», 2016. 258 с.

4. *Леенсон И.А*. Большая энциклопедия химических элементов / И.А. Леенсон. М..: Изд-во «АСТ», 2014. 168 с.

5. Словарь геологических терминов и понятий [Электронный ресурс]. Режим доступа:http://ggf.tsu.ru/content/faculty/structure/chair/dynamic-geology/books/slovar/index.php

УДК 691.53

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТА ДОРОЖНОГО ОСНОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО И ОТХОДОВ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

А.Д. Баранник, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Приводится описание технологии стабилизации грунта дорожного основания с использованием цемента и зол уноса.

Ключевые слова: *грунт, цемент, зола уноса, технология, способ, экология.*

DESCRIPTION OF THE TECHNOLOGY STABILIZATION SOIL OF THE ROAD BASIS WITH THE USE OF MI-NERALAL BENDING AND WASTE PRODUCTS OF SOLID FUEL COMBUSTION

A.D. Barannik, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor - A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The description of the technology of soil stabilization road base with the use of cement and cinder.

Keywords: *soil, cement, cinder, technology, process, ecology*

В последние годы перед дорожной отраслью Российской Федерации на первом месте стоят задачи по улучшению качества строительства автомобильных дорог. Развитие транспортной инфраструктуры несет за собой экономическое развитие страны в целом. При этом особенно актуально использовать такие технологии, которые позволяют решить проблемы уменьшения стоимости и сокращения сроков строительства дорог

при одновременном повышении их надежности и обеспечении постоянной эксплуатации.

Одним из таких направлений, позволяющим успешно решать поставленные задачи, является технология стабилизации грунтов дорожных оснований, которая находит все более широкое распространение в мире. Для этих целей используется достаточно большая группа стабилизаторов грунтов на органической, щелочной и кислотной основе, смолы. Данные виды стабилизаторов имеют как плюсы, так и очевидные минусы: цена, влияние на экологию, короткий срок использования.

В рамках данной статьи предлагается метод стабилизации грунта дорожного основания с использованием смеси цемента и сухих пылевидных зол.

Исследованиями установлена эффективность введения зол при изготовлении бетонных и растворных смесей в качестве активных минеральных добавок и микронаполнителей. Например, в работе «Высокопрочный бетон с использованием золы уноса» доктора технических наук, профессора Урхановой Л.А. приведены расчеты по влиянию зол на подвижность бетона. Также, в диссертации кандидата технических наук Ращупкиной М.А. рассматривается вопрос использования зол с рациональным зерновым составом в качестве добавки при производстве бетонов.

Бетонные смеси с золами обладают большей связностью, меньшим водоотделением и расслоением. Бетон имеет при этом большую прочность, плотность, водонепроницаемость, стойкость к некоторым видам коррозии, меньшую теплопроводность.

Требования к золам, как к активным минеральным добавкам в бетонную смесь, обусловлены физико-химическим механизмом их влияния на процессы твердения и структурообразования бетона. Гидравлическая активность зол, как и других веществ пуццоланового типа, в значительной мере обусловлена химическим взаимодействием входящих в них оксидов кремния и алюминия с гидроксидом кальция, выделяющимся при гидролизе клинкерных минералов, с образованием гидросиликатов и гидроалюминатов кальция. Гидратации зол способствует их стекловидная фаза, кристаллическая фаза в этом процессе практически инертна. Химическая активность зол непосредственно связана также с их дисперсностью.

По современным представлениям прочность цементов с добавкой золы зависит от толщины затронутого химическими процессами поверхностного слоя зольной частицы.

Положительному влиянию золы на структурообразование бетона способствует также «эффект мелких порошков», расширяющих свободное пространство, в котором осаждаются продукты гидратации, что ускоряет процесс твердения цемента.

Сущность предлагаемого метода заключается в следующем:

1. На предварительно подготовленное и разрыхленное основание распределяется сухая цементная смесь. Зола в вяжущее может быть добавлена двумя способами:

а) Зола добавляется в бункер распределителя до укладки цементной смеси в грунт;

б) Зола добавляется непосредственно поверх слоя цементного вяжущего.

У обоих способов введения золы есть плюсы и минусы. Первый способ удобнее тем, что зола лучше перемешивается с цементом. Минус способа в процессе добавления в бункер – зола будет очень пылить.

Плюс второго метода в равномерной укладке золы поверх смеси. Это же является минусом, так как возрастает время производства работ – к укладке цементой смеси добавляется дозированная укладка золы.

2. Перемешивание минеральных добавок с грунтом основания. В процессе обязателен контроль равномерного перемешивания и отсутствия больших комков вяжущего.

3. Увлажнение грунта основания для взаимодействия с цементом и золой.

4. Планировка поверхности основания.

5. Уплотнение поверхности основания.

При производстве работ необходимо соблюдать следующие требования:

- Тщательная дозировка как вяжущего, так и золы в тело грунта основания. Если цемент используется марки выше, чем заложено в проекте, допускается увеличение процента содержания в смеси зол. Основываясь на известных исследованиях, оптимальное процентное содержание золы в смеси равно 15-20%. Точные значения для определенных типов грунта предполагается получить в рамках научной работы.

- Строгий контроль за процессом перемешивания для исключения образования локальных комков цементно-золяной смеси.

- Внимательный расчет количества требуемой воды для доувлажнения грунта. При уменьшении количества добавляемой воды увеличивается время схватывания цементно-золяного раствора в грунте. При увеличении количества воды падает прочность смеси, после затвердевания могут быть поры в грунте. Количество воды рассчитывается относительно выбранного типа грунта основания, температуры наружного воздуха и толщины слоя грунта.

- Уплотнение необходимо производить сразу после доувлажнения для уменьшения движений грунта во время схватывания смеси.

При внедрении любой новой технологии требуется указать ее положительные и отрицательные стороны относительно используемых методов.

Плюсы данной технологии:

- Уменьшение количества цемента для стабилизации на 20%, что влечет за собой удешевление производства работ;
- Повышенная, относительно обычного метода стабилизации, прочность грунта;
- Увеличение срока службы автомобильной дороги;
- Увеличение межремонтных интервалов;
- Экологически чистые материалы для стабилизации;
- Реализация отходов тепловых электростанций.

Отрицательные стороны использования данной технологии:

- Метод применим только для определенных типов грунта. Исследования в этой области показали, что положительный эффект достигается в случае обработки стабилизаторами лишь суглинистых и глинистых грунтов определенного минералогического состава. При этом снижение содержания глинистых частиц до 30% значительно снижает физико-механические свойства обработанного грунта. Это ограничивает возможность применения технологии;
- Расходы, связанные с поиском, транспортировкой и распределением зол;
- Увеличение времени затвердевания смеси при большом проценте добавленной золы;
- Если используются отходы металлургического производства, то возникает вопрос радиационной опасности применяемых материалов.

В мире уже есть опыт использования данной технологии. Так, во Франции золы уноса используются во всех элементах дорожных конструкций. В нижних слоях оснований широко применяют смеси зол уноса с известью и гипсом. Оптимальные результаты получены при соотношении извести и золы 1:4. Если установки для приготовления смесей размещены около отвалов зол уноса, то на территорию ТЭС завозят гравийно-песчаную смесь, известь и гипс, подводят водопровод; если они находятся на строительной площадке, то на нее завозят все материалы. Для приготовления смесей используют смесители с принудительным перемешиванием производительностью 300 т/ч. При укладке смесей особое внимание уделяют качеству уплотнения. Его осуществляют виброкатками, катками на пневматических шинах, пневмовиброкатками. На укрепленном слое основания устраивают защитный слой типа одиночной или двойной поверхностной обработки путем розлива 0,5-2 л/м^2 катионной битумной эмульсии и распределяют 0,5-6 л/м^2 песка или щебня фракции 10-20 мм.

Укладка асфальтобетонного покрытия непосредственно на гравийно-песчаную смесь, содержащую известь и золу, не допускается.

В Польше проведены исследования и опытные работы по укреплению золы уноса как самостоятельным вяжущим не только песков, но и глинистых грунтов. Получены положительные результаты при устройстве однослойного основания из глины, укрепленной 85% золы уноса, и двухслойного основания с нижним слоем из пылеватых лессовых суглинков, укрепленных 8-12% золы уноса и верхним слоем из того же грунта, укрепленного 6% золы уноса и таким же количеством портландцемента. Установлено, что грунты (пылеватые пески, глины, суглинки), укрепленные 5-15% золы уноса, удовлетворяют требованиям, предъявляемым к грунтам, укрепленным цементом или известью. Однако нарастание - прочности протекает медленней. Морозостойкость укрепленных грунтов в 42-суточном возрасте в большинстве случаев достигает значений, получаемых при укреплении аналогичных грунтов цементом в возрасте 28 суток.

В России технология используется в меньшей степени, чем в Европе. Так, золошлаковая смесь гидроудаления ТЭЦ-22 г. Москва, обработанная 8-10% цемента, использовалась в качестве основания дорожной одежды на автомобильной дороге Москва-Серпухов. Прочность при сжатии водонасыщенных образцов в возрасте 90 суток составляла 40-70 кгс/см^2. [3]

В Удмуртии золошлаковые смеси, укрепленные цементом и известью, имели в 28-суточном возрасте прочность при сжатии 20-30 кгс/см^2, марку по морозостойкости 15, а в 360 суток – в 2-4 раза больше. [3]

В рамках научной работы будут проведены опыты по подбору оптимального соотношения компонентов системы цемент-зола для несвязных грунтов, определены прочностные характеристики обработанных грунтов, и в случае успешного результата будут разработаны рекомендации по воспроизведению метода на объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности применения технологии стабилизации и укрепления грунтов в Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://dorogniki.com/stati/osobennosti-primeneniya-texnologii-stabilizacii-i-ukrepleniya-gruntov-v-rossijskoj-federacii/

2. *Путилин Е.И.* Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог / Е.И. Путилин, В.С. Цветков // Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://aquagroup.ru/normdocs/16270

3. *Гурячков И.Л.* Применение золошлаковых смесей, укрепленных вяжущими, для строительства автомобильных дорог города Москвы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://norm-load.ru/SNiP/Data1/45/45754/index.htm

4. Применение золошлаковых смесей при устройстве оснований дорожных одежд в Удмуртии [Электронный ресурс] / В.В. Турчин, Л.В. Юдина, П.П. Гедеонов, С.П. Чечулин. Режим доступа: http://aquagroup.ru/normdocs/16270
5. *Урханова Л.А.* Высокопрочный бетон с использованием золы-уноса и кремнезема [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/v/vysokoprochnyy-beton-s-ispolzovaniem-zoly-unosa-i-mikrokremnezema
6. *Ращупкина М.А.* Влияние дисперсности золы гидроудаления экибастузских углей и добавки жидкого стекла на свойства мелкозернистого бетона [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.dissercat.com/content/vliyanie-dispersnosti-zoly-gidroudaleniya-ekibastuzskikh-uglei-i-dobavki-zhidkogo-stekla-na-#ixzz57TsphL60

УДК 625.855.3:691.87

РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

К.А. Куликова, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается вопрос повышения прочности дорожного покрытия. Проводится анализ и сравнение базальтового, стеклянного и углеродного волокна.

Ключевые слова: *георешётки, асфальтобетон, углеродное волокно, повышение прочности дорожной конструкции.*

THE EXPANSION OF THE AREA APPLYING OF CARBON FIBER IN ROAD CONSTRUCTION

C.A. Kulikova, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor - A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines of the question of increasing the strength of the pavement. Carry out the analysis and comparison of the basalt fiber, glass fiber and carbon fiber.

Keywords: *geogrid, asphalt-concrete, carbon fiber, improving the strength of the road structure.*

При строительстве, ремонте и реконструкции автомобильных дорог особое внимание уделяется экономической целесообразности применения геосинтетических материалов в конкретных условиях строительства. Основная цель применения георешёток в монолитных слоях дорожной одежды – предотвращение преждевременного разрушения асфальтобетонных покрытий, увеличение межремонтных сроков и повышение стойкости к воздействию факторов окружающей среды. При этом цена армирования должна в обязательном порядке оправдывать положительный экономический эффект от его применения [1].

Так как используемые в настоящее время материалы не в полной мере обладают требуемыми показателями, проанализируем новый материал – углеродное волокно, который может положительно себя зарекомендовать в сфере дорожного строительства.

Так как из углеродных волокон георешётки будут подлежать нитепрошевному способу производства, то их аналогами будут являться стеклянные и базальтовые нити.

Произведем экономическое сравнение (табл. 1): представим, что георешётка полностью представлена чистыми волокнами каждого из материалов, площадь армируемого участка – 1 м^2, размер ячейки 40 × 40 мм, ширина ребер 5 мм, толщина ребер – 1 мм.

С заданными параметрами площадь армирующего материала составит 0,22 м^{2,} а его объем – 0,00022 м^3/м^2.

Таблица 1. Экономическое сравнение георешёток

Материал	Цена, руб/кг	Плотность материала, кг/м^3	Расход материала на 1 м^2 дороги, м^3/м^2	Стоимость георешётки на 1 м^2 дороги, руб/м^2
Стекловолокно	800	2500 [2]	0,00022	440
Базальтовое волокно	1068	3000 [2]		704,88
Углеродное волокно	3000	1700 [3]		1110

Зададимся количеством циклов приложения нагрузки (703165 циклов) и рассмотрим два варианта неармированной конструкции (табл. 2) и первый вариант с армированием георешёткой из каждого рассматриваемого материала.

Таблица 2. Конструктив дорожной одежды

Материал	Вариант 1	Вариант 2
Асфальтобетон плотный мелкозернистый, см	5	6
Асфальтобетон плотный крупнозернистый, см	7	7
Щебень фракции 40-70 мм, см	20	40
Песок средний, см	25	25

Методика оценки прочности конструкции включает как оценку прочности конструкции в целом (с использованием эмпирической зависимости допускаемого упругого прогиба от числа приложений нагрузки),

так и оценку прочности с учетом напряжений, возникающих в отдельных конструктивных слоях и устанавливаемых с использованием решений теории упругости [4].

Рассчитав с заданной нагрузкой конструкции, проведем сравнение рассмотренных вариантов (табл. 3).

Таблица 3. Прочностные и стоимостные показатели конструкций дорожной одежды

Дорожная одежда		Количество циклов приложения нагрузки $\sum N_p$, циклов	Минимальный требуемый модуль упругости $E_{\min} \cdot K_{np}^{mp}$, МПа	Модуль упругости дорожной одежды $E_{об}$, МПа	Цена за 1 кмдороги, руб	Стоимость эксплуатации 1 года автомобильной дороги, руб
Неармированная	Вар. 1	703165	265,13	256,00	11 580 225,54	965 018,80
	Вар. 2			288,00	14 854 059,97	1 237 838,3
Армированная	СВ			310,27	12 290 938,29	682 829,91
	БВ				12 751 318,43	708 604,58
	УВ				13 310 987,12	739 499,28

Из представленной таблицы видно, что первый вариант неармированной дорожной одежды не обладает необходимой прочностью для заданных параметров проектирования. Такая конструкция сможет выдержать меньшее количество циклов приложения нагрузки, а значит, расчетный срок службы дороги составит менее требуемого, так как, для удовлетворения условия прочности коэффициент надежности составит не заложенный 0,95, а полученный расчетом 0,9. Поскольку данный коэффициент стал ниже – понижается вероятность безотказной работы дороги в течение межремонтного периода.

Второй вариант неармированной дорожной одежды проходит по прочностным характеристикам с расчетным сроком службы, но при этом за счет своего конструктива влечет удорожание строительства почти на 30 %.

При армировании первого варианта дорожной одежды значительно повышаются прочностные характеристики и увеличивается стоимость строительства на 6 % (армирование георешёткой из стекловолокна), на 10 % (армирование георешёткой из базальтового волокна) и на 15 % (армирование георешёткой из углеродного волокна).

За счет повышенных износостойкости и прочностных показателей, георешётки из углеродного волокна позволит повысить долговечность

дорожной одежды. При этом, несмотря на высокую стоимость материала, за счет его прочностных характеристик, эмпирическим путем можно определить меньшую оптимальную ширину ребер ячейки, без снижения общей прочности конструкции. Также, данный материал можно в малых количествах использовать как армирующий элемент георешёток из полиолефинов, имеющих более низкие стоимостные и прочностные показатели, повышая тем самым их конкурентоспособность на рынке дорожно-строительных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Игнатьев А.А.* Выбор георешёток при строительстве монолитных слоев дорожной одежды автомобильных дорог: учебное пособие / А.А. Игнатьев, В.М. Дудин, К.А. Курочкина. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. 88 с.
2. Полимерные композиционные материалы на основе волокон различной химической природы [Электронный ресурс] / Сборник научно-технических статей «Современные стройматериалы». Режим доступа: http://www.sovstroymat.ru/2002_06_03.php (Дата обращения 16.11.2017).
3. Структурно механические свойства высокопрочных углеродных волокон / В.Б. Литвинов, Л.П. Кобец, М.С. Токсанбаев, И.С. Деев, Л.М. Бучнев / ОАО Научно-производственный концерн «Композиционные материалы и технологии» - Москва, 2011.
4. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд / Государственная служба дорожного хозяйства (Росавтодора) Министерства транспорта Российской Федерации. М.: Информавтодор, 2001.

УДК 678.049.2

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

А.В. Куревенков, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены способы модификации дорожных битумов при помощи полимеров. Приведен график температуры размягчения модифицированного битума.

Ключевые слова: *битум нефтяной дорожный, полимер, полиэтилен.*

THE USE OF POLYMERS IN ROAD CONSTRUCTION

A.V. Kurevenkov, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The method of modification of road bitumen by means of polymers. The graph of softening temperature of modified bitumen.

Keywords: *bitumen, polymer, polyethylene.*

Нефтяной дорожный битум - основной вид вяжущего, успешно применяемого в дорожной отрасли при строительстве и ремонте дорожных покрытий, пластичный, способный без разрушения выдерживать воздействие низких температур и температурных перепадов, а также приложенных деформаций.

Непрерывное возрастание требований потребителей к долговечности дорог, а, соответственно, и к качеству битумов, усиление внимания к вопросам экологичности производства стимулируют развитие новых и совершенствование существующих технологий их производства.

Удовлетворить эти требования в полной мере нормируемые марки дорожных битумов уже не в состоянии. Кроме того, с каждым годом возрастают нагрузки из-за увеличения интенсивности движения. Негативно влияет на дорожное покрытие использование шипованной резины. Во

всем мире постоянно проводят работы по созданию новых современных дорожных материалов и технологий, корректировке нормативных требований к их физико-химическим свойствам с целью повышения долговечности дорожных покрытий в современных условиях их эксплуатации [1].

Одним из основных направлений является модификация битума различными полимерными добавками. Поиск наиболее эффективных модификаторов, отработка оптимальных рецептур модифицированного битума, полимерно-битумных эмульсий, а также анализ целесообразности их использования по тому или иному назначению, начатый в 50-е гг. прошлого столетия, продолжается и по сей день. Главным ориентиром для принятия технических решений являются результаты постоянно обобщаемого практического опыта [1].

Экономически эффективными модификаторами свойств нефтяных битумов являются те, которые доступны и рентабельны в применении. С технической точки зрения, для создания на основе битумов композиционных материалов с заданным комплексом свойств могут применяться только те модификаторы, которые:

1) не разрушаются при температуре приготовления асфальтобетонной смеси;

2) совместимы с битумом при проведении процесса смешения на обычном оборудовании при температурах, традиционных для приготовления асфальтобетонных смесей;

3) в летнее время повышают сопротивление битумов в составе дорожного покрытия к воздействию сдвиговых напряжений без увеличения их вязкости при температурах смешения и укладки, а также не придают битуму жесткость или ломкость при низких температурах в покрытии;

4) химически и физически стабильны, сохраняют присущие им свойства при хранении, переработке, а также в реальных условиях работы в составе дорожного покрытия [1].

К настоящему времени за рубежом накоплен значительный опыт по применению при строительстве и ремонте дорожных покрытий композиционных материалов на основе битума и ряда модификаторов, таких как сера, каучук, термопластичные полимеры (полиэтилен, полипропилен, полистирол, этилен-винилацетат, термопластичные каучуки, а также блоксополимеры стирол-бутадиен-стирола (СБС) [1].

Наибольшее применение находят полимеры типа СБС, что обусловлено их способностью не только повышать прочность битума, но и придавать полимерно-битумной композиции эластичность – свойство присущее полимерам, причем при небольшой концентрации полимера (3÷5% от массы битума). Использование в рецептуре асфальтобетонной смеси битума, модифицированного полимером типа СБС, обеспечивает дорожному покрытию способность к быстрому снятию напряжений, ко-

торые возникают в покрытии под воздействием движущегося транспорта. Более масштабному применению полимерно-битумных вяжущих на основе СБС препятствует их высокая себестоимость (практически происходит удвоение цены на битумное вяжущее при использовании СБС) [1].

Наиболее распространенными и дешевыми полимерами являются полиэтилен и полипропилен. Введение полиэтилена в битум, как правило, сопровождается резким повышением температуры размягчения и понижением уровня пенетрации материала. Природа совмещения битума с полиэтиленом еще до конца не выяснена. Полиэтилен растворим в горячем битуме, но кристаллизуется при охлаждении, образуя новую фазу. Химическое строение полимера также оказывает влияние на совместимость с битумом. Известно, что более жестким полимером с высокой степенью кристалличности является полиэтилен низкого давления; полиэтилен же, полученный при высоком давлении, менее плотен, имеет больше боковых цепей, а степень кристалличности его значительно ниже. Влияние молекулярного веса полиэтилена на свойства композиций мало изучено. Известно, что низкомолекулярный полиэтилен (молекулярная масса 500÷1000) незначительно повышает температуру размягчения и одновременно повышает пенетрацию. Полимер в данном случае находится в полужидком состоянии. Полиэтиленовые воска с молекулярной массой 2000÷10000 в значительной степени повышают температуру размягчения битума, тогда как пенетрация остается практически постоянной. Наконец, высокомолекулярный полиэтилен повышает температуру размягчения композиции, но значительно понижает пенетрацию. Температура хрупкости композиций понижается незначительно, хотя значение интервала пластичности возрастает за счет быстрого подъема температуры размягчения [2].

Зависимость температуры размягчения полиэтиленбитумных композиций от содержания полиэтилена разного молекулярного веса показана на рис. 1. Возрастание температуры размягчении наиболее интенсивно происходит при добавлении полиэтилена любого молекулярного веса до содержания 10-15%. Дальнейшее увеличение содержания полиэтилена замедляет рост температуры размягчения, а увеличение концентрации полиэтилена свыше 20% практически не меняет температуру размягчения. Полипропилен по свойствам очень близок к полиэтилену, поэтому при введении его в битум свойства смеси близки к полиэтиленбитумным смесям [2].

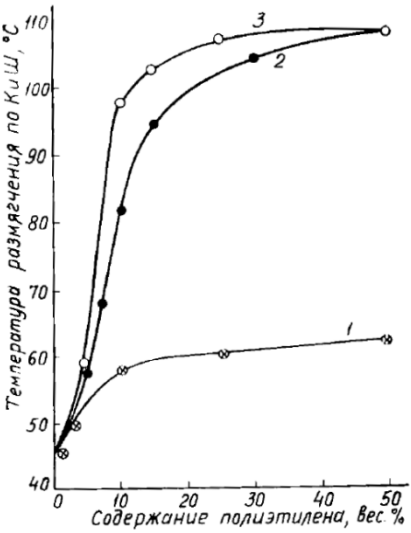


Рис. 1. Зависимость температуры размягчения полиэтиленбитумной композиции от содержания полиэтилена разной молекулярной массы [2]: 1 – низкомолеклярный полиэтилен;
2 – высокомолекулярный полиэтилен;
3 – полиэтиленовый воск

Основные потребители дорожных битумных материалов в РФ выдвигают всё более жесткие требования к уровню качества битумных материалов, необходимых для строительства современных покрытий автодорог, что находит подтверждение в федеральных и корпоративных нормативных требованиях. Едва ли не единственный универсальный путь удовлетворения этих требований связан с модификацией состава и структуры дорожных битумов полимерными материалами для придания им необходимых физико-химических свойств.

В этой связи весьма перспективным, доступным и экономически выгодным может явиться использование более дешёвых полиэтиленов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Л.М. Гохман* Комплексные органические вяжущие материалы на основе блок-сополимеров СБС.: учеб. пособие. М.: ЗАО «ЭКОН-ИНФОРМ», 2004. 585 с.
2. *Б.Г. Печеный.* Битумы и битумные композиции / Б.Г. Печеный. М.: Химия, 1990. 256 с.
3. Патентная база [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www1.fips.ru

УДК 624.138

ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТОДА УПЛОТНЕНИЯ МЕЛКОГО ПЕСКА НА ОСНОВЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЖФАЗНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Г.В. Пренглаев, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрен новый способ уплотнения грунтов, основанный на межфазном взаимодействии частиц при выдерживании грунта оптимальной влажности по времени. Обозначены преимущества метода, перед стандартной технологией.

Ключевые слова: *Автомобильная дорога, земляное полотно, оптимальная влажность, плотность, коэффициент уплотнения.*

ADVANTAGES OF THE METHOD OF SEALING SMALL SAND ON THE BASIS OF REGULATION OF THE INTER-PHASE INTERACTION OF MINERAL PARTICLES

G.V. Prenglaev, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A new method for compaction of soils based on the interfacial interaction of particles is considered when keeping the soil of optimum moisture in time. The advantages of the method, before the standard technology, are indicated.

Keywords: *Road, roadbed, the optimum humidity, density, degree of compaction.*

Известен метод уплотнения несвязанных грунтов основанный на регулировании межфазного взаимодействия минеральных частиц. Данный метод является модернизацией классической технологии. Он использует те же параметры, что и технология стандартного уплотнения. Но помимо оптимальной влажности исследуемого грунта, необходимой для его уплотнения энергии, данный метод использует время нахождения

грунта в состоянии оптимальной влажности. За это время вода поглощается аутогенной оболочкой зерен грунта и проникает в ее толщу до тех пор, пока толщина водяной пленки не станет соразмерной с высотой шероховатостей соприкасающихся зерен грунта. Это способствует улучшению качества смазки между зернами грунта в местах их соприкосновения.

При этом в наибольшей степени снижение коэффициента трения проявляется в том случае, когда глубина диффузии воды в пленку соответствует глубине взаимного проникания шероховатостей частиц грунта в зонах их контакта при передаче на грунт уплотняющего воздействия. Именно наличие воды в пленке, являющейся смазкой, и обеспечивает эффективное снижение трения между частицами грунта и соответственно его уплотнение. Данный метод обеспечивает возможность существенного снижения затрат энергии (работы), при условии достижения одинаковой плотности грунта при его уплотнении.

Помимо снижения затрат энергии данный метод позволяет достичь наибольшего коэффициента уплотнения при меньшем показателе влажности грунта.

Ниже (рис. 1) приведен график стандартного уплотнения для исследуемого грунта с линией ожидаемого прироста плотности спустя шесть часов выдерживания при оптимальной влажности. Анализ данных показал, что помимо очевидного приращения плотности немаловажным является тот факт, что значение нормативного показателя стандартной плотности можно достичь при влажности, отличающейся от оптимальной. На графике видно, что при использовании данной технологии значение плотности сухого грунта равное 1,856 г/см^3 достигается при влажности 9,4%. Например, на строительной площадке, где невозможно тщательно проконтролировать влажность перед уплотнением, данный способ позволит достичь нормативного показателя плотности при меньшей влажности. Или же достигнуть сверх уплотнения при четком соблюдении технологии.

Для метода стандартного уплотнения интервал влажности при достижении требуемого коэффициента уплотнения варьируется в пределах от 0,72 до 1,18 от оптимальной влажности, соответственно после выдерживания исследуемого грунта в течение шести часов данный интервал расширяется до 0,5…1,18. Конечно, со стороны переувлажнения он также должен расшириться, но конкретных данных нет. Таким образом, для исследуемого грунта, как показывают данные испытаний, при четком соблюдении технологии замачивания нормативного коэффициента уплотнения равного 0,98 можно достичь при влажности 5,25%.

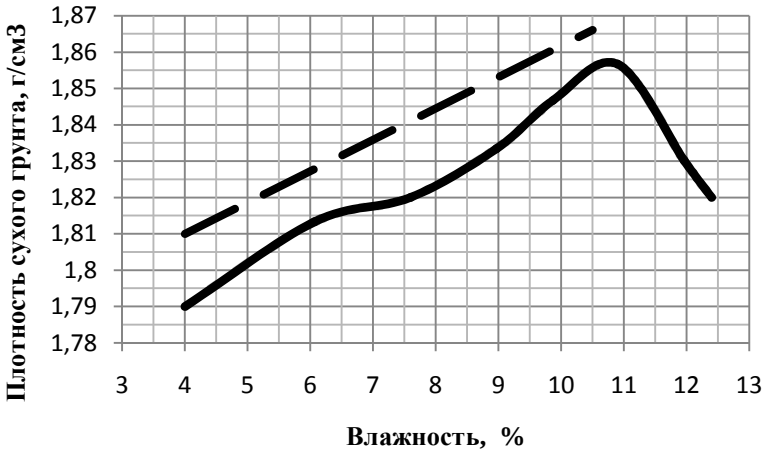


Рис. 1. Ожидаемое приращение плотности грунта после оптимального времени выдерживания

Чтобы нагляднее показать эту зависимость, представленный выше график был построен в координатах коэффициента уплотнения и коэффициента увлажнения (рис. 2).

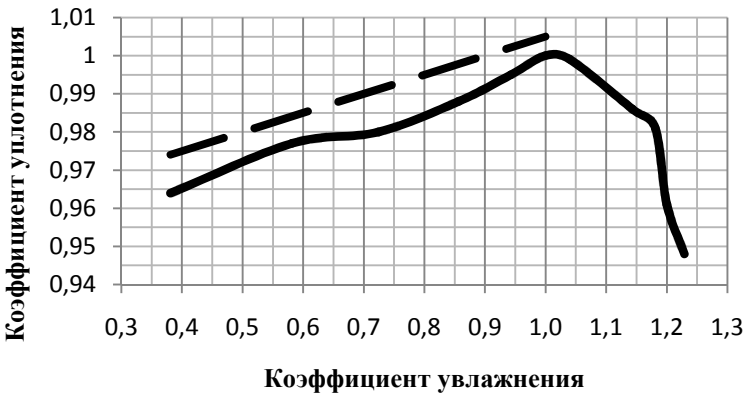


Рис. 2. Ожидаемое приращение коэффициента уплотнения после оптимального времени выдерживания

Важным моментом является то, что оптимальное время выдерживания при оптимальной влажности индивидуально для каждого вида грунта. Приведенные выше данные соответствуют применению технологии только для мелкого песка с содержание пылевато-глинястых частиц 11%. Другие грунты, для оценки эффективности использования данного метода требую проведения аналогичных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильев А.П.* Ремонт и содержание автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / А.П. Васильев. М.: Транспорт, 1989. 289 с.

2. Уплотнение земляного полотна и конструктивных слоев дорожных одежд. Труды Союздорнии / Б.С. Марышев, И.Е. Евгеньев, Ю.М. Васильев, И.Н. Глуховцев, Б.М. Слепая, М.П. Костельов, М.А. Либерман, Е.И. Эппель. М.: Союздорнии, 1980. 114 с.

3. Патент РФ 2114247 Способ уплотнения грунта / Ю.М. Придатко, А.Б. Лебедев, В.Л. Шабров, В.Б. Доброхотов, Л.В. Метелева, В.Г. Полякова; ЯГТУ. Опубл. 27.06.1998, Бюл. № 18. 6 с.

УДК 625.855.3

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ГЕОРЕШЕТКИ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

Е.А. Ронжин, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Производится описание параметров георешеток для армирования асфальтобетонного покрытия, которые оказывают влияние на эффективность применения.

Ключевые слова: *асфальтобетонное покрытие, армирование, георешетка, материал, стренга.*

RECOMMENDATIONS ON SELECTION OF GEOGRIDS FOR REINFORCEMENT OF ASPHALT PAVEMENT

E.A. Ronzhin, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor - A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The description of parameters of geogrids for reinforcement of asphalt concrete coating, which influence the efficiency of application, is made.

Keywords :*asphalt asphalt concrete, reinforcement, material, strand.*

Армирование асфальтобетонного покрытия георешетками в значительной степени позволит замедлить процесс трещинообразования. Однако, информация об их эффективности применения в асфальтобетонном покрытии довольно противоречива, поскольку все георешетки имеют конструктивные особенности, определяющие их слабости. А по заявлениям продавцов их продукты являются инновационными и способны выполнять различные функции.

Первоочередной целью производителей является получение прибыли от продажи, а уже затем технический результат их продукта, что не может не сказаться на эффективности армирования. Им приходится

уменьшать себестоимость георешетки, экономя на материалах или добавках, чтобы стоимость продукта не была слишком велика, и он был конкурентоспособен на рынке.

В ходе анализа опубликованных результатов испытаний отечественных и зарубежных специалистов у решеток были выявлены общие влияющие на эффективность армирования параметры, которые описаны в данной статье.

Георешетки изготавливают из различных материалов, особенности которых при выборе необходимо учитывать в первую очередь. Так как материал в основной степени определяет физико-механические свойства, прочностные и деформационные показатели георешетки.

Наиболее подходящим для армирования асфальтобетонного покрытия материалом на сегодняшний день является полиэфир. Низкая светостойкость этого материала не является существенным недостатком, по сравнению с высокой повреждаемостью базальтового и стеклянного волокна и низкой термостойкостью полиэтилена и полипропилена, которая ниже температуры укладки асфальтобетона. Кроме того для предотвращения негативного воздействия света используются светостабилизирующие добавки, и рулоны решетки поставляются в специальной оболочке. Георешетки из поливинилалкоголя имеют чрезмерно высокую стоимость, а свойства и эффективность георешеток из этого материала еще мало изучены.

Георешетки из стекловолокна или базальтового волокна рекомендуется использовать с подложкой (рис. 1).

Рис. 1. Георшетка с подложкой

Это позволит исключить повреждения в процессе укладки решетки и движения транспорта. Подложка практически не влияет на армирующие свойства георешетки. Но ее наличие значительно увеличивает стоимость продукта и может в случае не полного расплавления даже нарушить адгезию между слоями. Поэтому необходимо учитывать, что укладка георешетки с подложкой должна производиться при устойчивой тем-

пературе окружающей среды свыше 20 °С, чтобы обеспечить ее полное расплавление в процессе укладки асфальтобетонной смеси. В условиях нашего климата такая температура приходится на летний период года, на конец июня, июль месяц [2].

Георешетки для армирования покрытия в настоящее время выпускаются трех видов: вязаные (нитепрошивные), тканые и сварные. Георешетки выпускаются только с квадратной ячейкой, так как сформировать ячейки другой формы из волокон довольно трудно.

У вязаных и тканых георешеток ячейки сформированы из отдельных стренг (нитей) скрепленных между собой пропиткой или покрытием. Это сделано умышлено. По словам производителей, способность георешетки легко деформироваться позволяет ей подстраиваться под температурные деформации асфальтобетона, сохранять свою целостность и соответственно армирующие свойства [3]. Но в этом кроется основной недостаток этих георешеток, так как основная задача армирующей прослойки замедлять и препятствовать развитию деформаций в покрытии, а не приспосабливаться к ним. Кроме того температурные деформации асфальтобетона являются наиболее частой причиной раскрытия трещин.

Георешетка должна иметь битумную пропитку или покрытие. Следует отдавать предпочтение георешетке, стренги которой за счет покрытия объединены в единый пучок. Формирование плотного пучка снижает повреждаемость и придает определенную жесткость конструкции решетки, что является одним из важных фактором влияющих на качество армирования.

Ячейки сварных георешеток сформированы из монолитных полос, обеспечивают жесткость конструкции георешетки. Благодаря жестко натянутым стренгам и прочному соединению, георешетка практически сразу включается в работу, воспринимая основную часть напряжения на себя, в отличие от легко деформирующихся георешеток, натяжение которых происходит, как правило, уже после начала разрушения нижнего слоя асфальтобетона.

Однако производители стремятся сделать все георшетки как можно тоньше и при этом как можно прочнее. Укладывая такую георешетку, особенно на другой слой асфальтобетона, заклинка происходит только в неровностях нижележащего слоя, в остальной части смесь ложиться на решетку и удерживается от смещения в основном силой сцепления с нижележащим слоем (рис. 2).

Поэтому нередко встречаются испытания, которые показывают низкую эффективность армирующих георешеток в борьбе с колееобразованием.

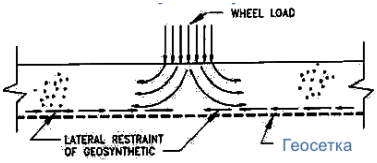


Рис. 2. Распределение сдвигающих напряжений в армированном асфальтобетоне [4]

Размер ячейки георешетки должен быть в два раза больше самого крупного размера фракции заполнителя. Поэтому при укладке нового слоя поверх старого асфальтобетонного покрытия размер ячейки должен быть 40х40 мм.

Армироваться должен слой, в котором сосредоточены максимальные растягивающие напряжения. Таким образом, при устройстве дорожной одежды армирующая георешетка должна быть уложена между слоем щебня и нижним слоем асфальтобетонного покрытия. Но укладка непосредственно на слой щебня армирующей прослойки малоэффективна. Необходимо устройство выравнивающего слоя толщиной 1-2 см, который может быть выполнен из асфальта, асфальтовой крошки или из черного щебня. В этом случае следует выбрать георешетку с размером ячейки 80х80 мм.

Данными рекомендациями следует пользоваться при выборе георештки, так как они описывают параметры, непосредственно влияющие на качество армирования. Но данные параметры также оказывают влияние и на стоимость продукта. Можно отметить, что наиболее дорогими и эффективными являются сварные георешетки из полиэфира, тканые георешетки имеют наименьшую стоимость и соответствующую эффективность, средним вариантом являются вязаные георешетки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геосетка для армирования асфальтобетона с подложкой [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://geosynt.ru/geosetka-asphalt/.

2. *Ломакин С.* Взгляды — разные, надежды — схожие / Ломакин С., Леонов В.В.// Дороги. Инновации в дорожном строительстве. Геосинтетические материалы для транспортного строительства. 2015. Вып. 34. С. 9-16.

3. Патент РФ № 2013114496/03, 29.03.2013 / Сафонов В.Г., Седов М.П., Шраер И.И., Хижняк Е.М. Армирующая сетка // Патент России № 2539196. 2015. Бюл. № 2.

4. Армирование оснований с применением геосинтетических материалов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.viacon.ua/content/ images/ctproductfile_file/PPT_ViaConGroup_Secugrid.pdf.

УДК 624.138

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕСАЙКЛЕРОВ

Н.В. Серегина, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлен статистический анализ, выявлены закономерности и тенденции развития ресайклеров. Получены зависимости, построены графики для основных параметров ресайклеров и спрогнозированы изменения параметров в дальнейшем при проектировании новых конструкций.

***Ключевые слова**: ресайклинг, холодная регенерация.*

STATISTICAL ANALYSIS RECYCLING

N.V. Seregina, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

Presents statistical analysis, and trend the development of recyclings. Dependencies are obtained, schedules of the main parameters of the recyclers and changes in the parameters in the future are designed for the design of new designs.

***Keywords**: recycling, coldregeneration.*

Автомобильная дорога при эксплуатации теряет свои транспортно-эксплуатационные свойства, уменьшается прочность и ухудшается ровность покрытия, все это ведет к созданию аварийной ситуации на дорогах.

Для решения данной проблемы в области дорожного строительства наряду с традиционными методами ремонта и реконструкции автомобильных дорог появились принципиально новые технологии, отвечающие современным требованиям дорожной науки, постоянно возрастающей интенсивности движения, основанные на последних достижениях науки и техники. Одной из таких технологий является холодная ре-

генерация или ресайклинг, а машины данного метода называют ресайклерами.

Ресайклеры представляют собой специальный вид техники, которые используют при ремонте и реконструкции автодорог путем фрезерования слоя дорожной одежды максимальной глубиной около 500 мм, параллельно все перемешивая в фрезерно-смесительном барабане, одновременно смачивая полученную массу жидким вяжущим стабилизатором (цемент и вода, битумная эмульсия, вспененный битум) и укладывая в движении полученную смесь на выравниваемую поверхность, с возможным последующим разравниванием полотна автодороги грейдером и трамбовки поверхности дорожным катком. Благодаря работе ресайклера, можно усилить грузоподъемность и качество автомобильных путей, при этом минимально вмешиваться в слои полотна покрытия.

Спецтехника ресайклер относится к видам дорожных машин, которые изначально были созданы для облегчения рабочего процесса в плане обустройства автодорожного покрытия. Данный вид техники комплектуется специальным навесным фрезеровальным оборудованием разного размера и назначения. Резцы в устройствах отличаются по остроте, поэтому не каждый ресайклер предназначен для обработки конкретного покрытия. Спецтехника используется для работы на локальных участках поврежденной дороги, с помощью навесной системы, которая имеет способность опускаться до определенного уровня, осуществляется фрезерование твердого покрытия. Машина «выгрызает» старый, непригодный асфальт, оставляя за собой шероховатую поверхность для укладки нового слоя. Также ресайклеры используются не только в автодорожном и коммунальном хозяйстве, но и в сельской местности, на фермах и полях. Для ремонтных работ также очень часто используются дорожные фрезеровочные машины.

В передней части машины находиться силовой агрегат, а в задней непосредственно само навесное оборудование с приводами и гидравликой.

Особенностью ресайклеров является то, что развесовка выполнена в процентном соотношении 40% к 60%, то есть задняя часть техники на 20% тяжелее передней.

Каталог дорожных ресайклеров холодного типа с барабанной фрезой включает навесные и самоходные модели на пневмоколесном или гусеничном ходу для регенерации грунта от ведущих производителей следующих торговых марок (брендов): Bomag, Dynapac, Sakai, Wirtgen, XCMG.

Большое многообразие моделей позволяет выявить некоторые закономерности и тенденции развития ресайклеров. Многие фирмы-производители выработали определенные правила проектирования, но, к

сожалению, единого мнения пока не существует. Поэтому для обобщения накопленного опыта целесообразно основные параметры исследуемых моделей машин рассматривать как случайные, и для обработки данных использовать методы математической статистики. Это позволит получить зависимости и построить графики для основных параметров ресайклеров и спрогнозировать изменение параметров в дальнейшем при проектировании новых конструкций.

Для проведения анализа были отобраны 20 моделей ресайклеров следующий фирм-производителей: Wirtgen, Bomag, Caterpillar, Terex, Rabaud. В таблице представлены регрессионные зависимости для основных параметров ресайклеров. В полученных регрессионных зависимостях были приняты следующие обозначения:

L – длина ресайклера, мм;
B – ширина ресайклера, мм;
N – мощность, л.с.;
m – масса, кг;
V – скорость, км/ч;
h – глубина рыхления, мм;
b – ширина рыхления, мм.

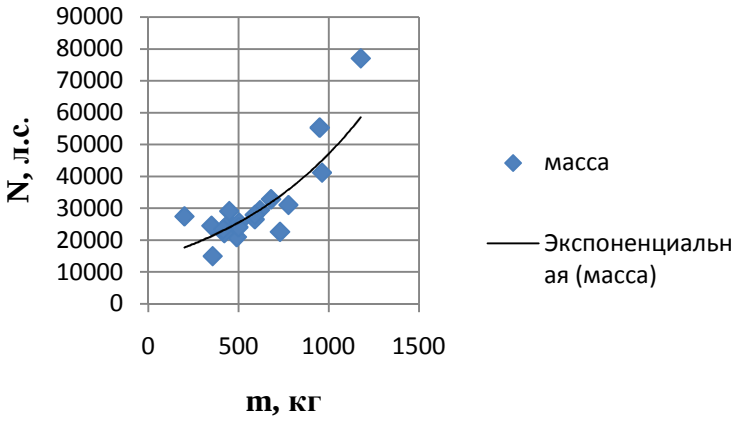


Рис. 1. График зависимости мощности от эксплуатационной массы

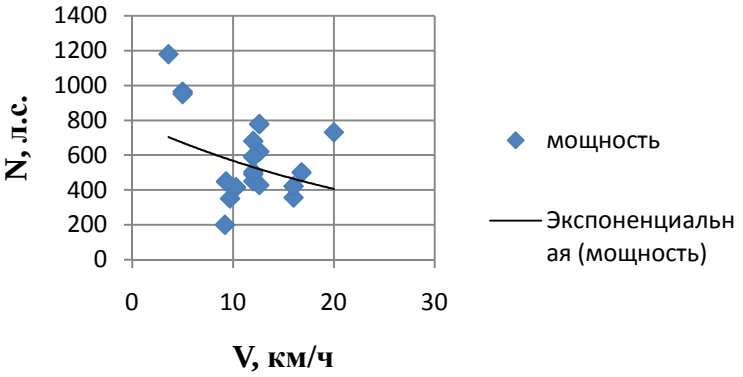


Рис. 2. График зависимости мощности двигателя от скорости

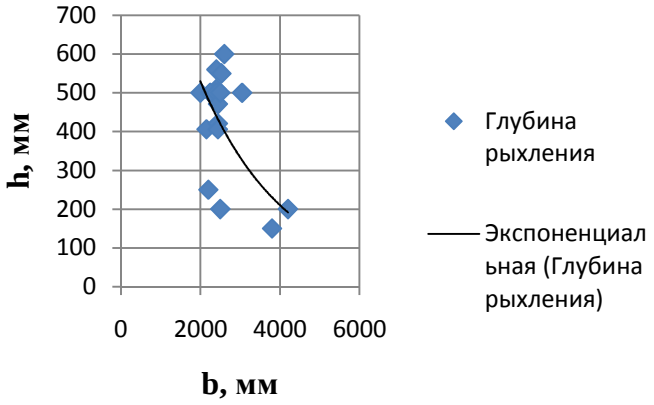


Рис. 3. График зависимости глубины рыхления от ширины рыхления

И совершенно иная картина наблюдается для зависимости ширины ресайклера от ее длины (рис. 4), высоты ресайклера от ширины рыхления.

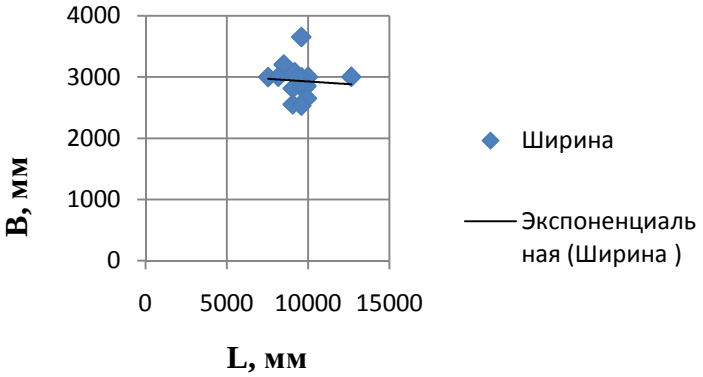


Рис. 4. График зависимости ширины от длины

Проведенный анализ показал, что высокий коэффциент детерминацииR^2 имеют уравнения регрессии для зависимостей длины от ширины рыхления, длины машины от эксплуатационной массы, эксплуатационной массы от ширины рыхления, мощности двигателя от эксплуатационной массы (рис. 1), эксплуатационной масса от транспортной скорости ресайклера (рис. 2), мощности двигателя от транспортной скорости ресайклера, глубины рыхления от ширины рыхления (рис. 3).

Видимо, производители ресайклеров опытным путем пришли к оптимальному соотношению данных параметров, характеризующих энерговооруженность, проходимость и устойчивость машины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Филатов С.Ф.* Восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга: Учебное пособие. Омск: Изд-во СибАДИ, 2009. 72 с.
2. Ресайклеры – машины для реконструкции дорог [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://maz-amkodor.ru/gnews/11698
3. wirtgen group официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.wirtgen-group.com/en/

УДК 625.855.3

ОПИСАНИЕ, ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ДЕФЕКТОВ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

Д.А. Соловьев, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Производится описание дефектов асфальтобетонного покрытия, приводятся причины и способы их предупреждения.

Ключевые слова: *асфальтобетонное покрытие, дефект, описание, причины, предупреждения.*

DESCRIPTION, CAUSES AND METHODS OF PREVENTING DEFECTS OF ASPHALT CONCRETE COATING

D.A. Solovyev, A.A. Ignatev

Scientific Supervisor - A.A. Ignatev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The description of the defects of the asphalt pavement, the causes and methods for their prevention.

Keywords : *asphalt pavement, defect, description, causes, prevention.*

Всегда комфортно двигаться по ровной, гладкой дороге, не объезжая ямы и не сворачивая в разные стороны из-за множества выбоин и трещин. Но не всегда качество дорожного покрытия соответствует правилам. В практике укладки асфальтобетонного покрытия и эксплуатации дороги встречается несколько видов дефектов, каждый из которых проявляется от воздействия различных факторов. Наиболее часто встречающиеся дефекты:

- Следы от катка
- Разрывы

- Сегрегация смеси

Следы от катков представляют собой продольные отпечатки, не устраненные на заключительной стадии укатки (рис. 1).

Следы от катка возникают в тех случаях, когда каток оставляют на свежеуплотненном покрытии или, когда каток вибрационного действия работает в режиме вибрации не перемещаясь.

Следы от катков на покрытии являются признаком недостаточного количества проходов при укатке и могут также быть следствием применения пластичной смеси.

Если причиной следов катков на поверхности слоя является недостаточная укатка, то для правильного уплотнения смеси необходимо выполнить большее количество проходов на всех этапах уплотнения: предварительном, промежуточном и заключительном. Устранение следов от катков, обусловленных состоянием смеси, связано с корректировкой состава смеси и обеспечением стабильности режима ее приготовления [1].

Рис. 1. Следы от катка [2, 3]

Разрывы слоя обычно обусловлены низким техническим состоянием или неправильной работой асфальтоукладчика, пониженной температурой смеси, а также зерновым составом (если толщина слоя в плотном теле менее чем в полтора раза превышает максимальный размер зерен заполнителя) (рис. 2).

Разрыв слоя посередине шириной от 15 до 20 см может быть обусловлен недостаточным количеством асфальтобетонной смеси (ниже центра шнекового вала) в середине шнековой камеры.

Боковые разрывы могут быть вызваны неправильной установкой заслонок питателя бункера или уширителей выглаживающей плиты.

Разрыв слоя по всей ширине полосы укладки может появиться вследствие нескольких причин: искривление или износ опорных пластин выглаживающей плиты; скорость движения асфальтоукладчика слишком велика для толщины укладываемой смеси; максимальный размер зерен

заполнителя велик по отношению к толщине укладываемого слоя; низкая температура смеси, особенно если при этом выглаживающая плита холодная.

Частые разрывы в середине или по краям полосы укладки могут быть убраны с помощью регулировки соотношения поперечных профилей передней и задней частей выглаживающей плиты. Если эта регулировка не поможет устранить разрывы, то необходимо изменить ее. Разрыв полосы по всей ширине можно предупредить прогреванием выглаживающей плиты перед началом укладки, повышением температурной однородности смеси, заменой изношенных или покоробившихся опорных пластин выглаживающей плиты; увеличением толщины слоя в плотном теле настолько, чтобы она как минимум в полтора раза превышала максимальный размер зерен заполнителя [1].

Рис. 2. Разрывы [4]

Сегрегация представляет собой разделение мелких и крупных зерен заполнителя смеси (рис. 3).

Сегрегация, появляющаяся с одной стороны покрытия, возникает в таких случаях, когда смесь неправильно загружается в самосвал из асфальтосмесительной установки. При этом крупные частицы скатываются в основном к одному борту. Когда такая смесь попадает в асфальтоукладчик, то он так сформирует слой, что сегрегировавшая смесь будет находиться с одной стороны, образуя продольную полосу по краю покрытия.

Сегрегация смеси часто обусловлена неправильной загрузкой смеси в накопительный бункер. Так как смесь загружается в бункер с помощью конвейера, то она сбрасывается в бункер по одному краю. Поэтому крупные частицы отделяются и скатываются в одну сторону. Когда самосвал загружается из такого бункера, крупные частицы заполнителя оказываются в кузове с одной стороны. Затем такая смесь попадает в асфальтоукладчик, который укладывает слой с дефектным краем.

Кроме того, если самосвал будет загружаться изібункера не по центру кузова, произойдет скатывание крупных частиц к одному борту с последующим продольным дефектом с одной стороны уложенного и уплотненного покрытия.

Меры по предупреждению выбирают исходя из причины, обусловившей сегрегацию. Для произвольно расположенных участков сегрегировавшей смеси следует в первую очередь проверить порядок хранения заполнителя на асфальтобетонном заводе и правильность операций загрузки заполнителя в холодные бункеры агрегата питания с помощью фронтального погрузчика. Кроме того, следует проверить выполнение операций по всем технологическим операциям, в ходе которых может происходить сегрегация смеси. Сверху накопительного бункера должно быть установлено устройство, обеспечивающее загрузку смеси непосредственно в его середину (например, промежуточный бункер).

В случае продольной сегрегации (от одной стороны полосы к другой) следует проконтролировать процесс загрузки самосвала из асфальтосмесительной установки периодического действия или из накопительного бункера для того, чтобы убедиться, что смесь всегда загружается по центру кузова самосвала. Необходимо исключить догрузку мелкими порциями смеси до полной грузоподъемности самосвала. Сегрегацию можно уменьшить, поддерживая приемный бункер укладчика частично заполненным в период смены самосвалов.

Этот вид дефекта практически полностью исключается путем применения перегрузчика асфальтобетонной смеси [1].

Рис. 3. Сегрегация [5]

Данными рекомендациями следует пользоваться при укладке и уплотнении асфальтобетонного покрытия, так как они описывают наиболее частые причины возникновения дефектов, влияющие на долговечность дороги, а также способы их предупреждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://aquagroup.ru/normdocs/14448/.

2 Flexible Pavement Distress [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pavementinteractive.org.

3 Seam sealing systems [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://seamsealingsystems.com.

4 Linden, R. N., J. P. Mahoney, and N. C. Jackson. Effect of Compaction on Asphalt Concrete Performance. Transportation Research Record 1217, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1989, pp. 20–28.

5 UAPA Asphalt Basics - Pavement Placement [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.utahasphalt.org

УДК 625.855.3

ОПИСАНИЕ, ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

Д.А. Соловьев, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Производится описание повреждений асфальтобетонного покрытия, приводятся причины и способы их предупреждения.

Ключевые слова: *асфальтобетонное покрытие, дефект, описание, причины, предупреждения.*

DESCRIPTION, CAUSES AND METHODS OF REMOVING DISTRESS TO ASPHALT CONCRETE COATING

D.A. Solovyev, A.A. Ignatev

Scientific Supervisor - A.A. Ignatev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The description of the distress of the asphalt pavement, the causes and methods for their prevention.

Keywords : *asphalt pavement, distress, description, causes, prevention.*

Всегда комфортно двигаться по ровной, гладкой дороге, не объезжая ямы и не сворачивая в разные стороны из-за множества выбоин и трещин. Но не всегда качество дорожного покрытия соответствует правилам. В практике эксплуатации асфальтобетонного покрытия и дороги встречается несколько видов повреждений, каждое из которых проявляется от воздействия различных факторов. Наиболее часто встречающиеся повреждения:

- Выбоины
- Колейность
- Продольные и поперечные трещины

Выбоины - Небольшие чашеобразные углубления на поверхности покрытия, которые полностью проникают через слои асфальтобетона вниз к слою основания (рис. 1). Как правило, они имеют острые края и вертикальные стенки около верхней части отверстия. В большинстве случаев, выбоины встречаются на дорогах с тонкими асфальтобетонными покрытиями (от 25 до 50 мм) и редко встречаются на дорогах с 100 мм или более.

Как правило, выбоины являются конечным результатом усталостного растрескивания. По мере того как аллигаторные трещины становятся серьезными, взаимосвязанные трещины создают небольшие куски покрытия, которые могут быть выбиты, когда транспортные средства движутся по ним. Оставшееся отверстие после выбитых кусков покрытия называется выбоиной.

Способы устранения в соответствии с методикой установки «заплаток» [1].

Рис. 1. Выбоины

Колейность - просадки покрытия в колесном пути (рис. 2). Возвышение покрытия (сдвиг) может происходить по бокам колеи. Колеи особенно заметны после дождя, когда они заполнены водой. Существует два основных типа колейности: колейность асфальтобетонной смеси и колейность основания. Колейность смеси образуется, когда в основании еще нет колеи, а на поверхности покрытия происходят просадки в колесном пути в результате проблем с составом смеси/уплотнением. Колейность основания образуется, когда происходят просадки в колесном пути

основания из-за нагрузки. В этом случае покрытие оседает на колеи в основании, вызывая просадки поверхности в колесном пути.

Постоянная деформация в любом из слоев покрытия или основания обычно вызвана уплотнением или боковым перемещением материалов из-за нагрузки от транспортных средств. Конкретными причинами колейности могут быть:

Недостаточное уплотнение слоев асфальтобетона во время строительства. Если первоначально слой не был достаточно уплотнен, дорожное покрытие может продолжать уплотняться под нагрузками.

Колейность основания (например, в результате неправильной структуры дорожного покрытия).

Неправильный состав или изготовление смеси (например, чрезмерно высокое содержание битума, минерального наполнителя, недостаточное количество угловатых частиц заполнителя).

Колеи, вызванные шипованными шинами, представляют ту же проблему, что и описанныя ранее, но они на самом деле являются результатом механического смещения из-за износа, а не деформации дорожного покрытия.

Чтобы определить первопричину повреждения, необходимо исследовать колею и определить причину (например, недостаточное уплотнение, колейность основания, плохой состав смеси или износ шипованными шинами). Небольшие колеи (менее 1 см) обычно могут быть оставлены необработанными. Покрытие с более глубокими колеями должно быть выровнено и усилено [1].

Рис. 2. Колеи [1, 2]

Продольные трещины - трещины, параллельные осевой линии дорожного покрытия (см. рис. 3). Могут быть типом усталостных трещин или растрескиванием сверху вниз.

Причины:

- Плохая конструкция швов или местоположение. Швы, как правило, наименее плотные участки покрытия. Следовательно, они

должны находиться вне колесного пути, так чтобы реже загружаться. Швы, выполненные на колесном пути, будут быстрей повреждаться.

- Отраженные трещины из нижележащего слоя (не включая отраженные швы).
- Усталость асфальтобетона (указывает на начало будущих усталостных трещин).
- Растрескивание сверху вниз.

Поперечные трещины - трещины перпендикулярные осевой линии покрытия или направлению укладки. Обычно вид температурных трещин (см. рис. 3).

Причины:

- Усадка поверхности асфальтобетона из-за низких температур или затвердевания вяжущего.
- Отраженные трещины, вызванные трещинами нижнего слоя асфальтобетона.
- Растрескивание сверху вниз.

Способы устранения зависят от степени тяжести и степени растрескивания:

- Трещины с низкой степенью тяжести (<1,3 см в ширину). Необходимо заделать трещину для предотвращения проникновения влаги в земляное полотно и дальнейшего выкрашивания краев трещины. Если небольшие трещины обработаны и заделаны, асфальтобетон может служить еще несколько лет.
- Трещины с высокой степенью тяжести (> 1,3 см в ширину и трещины с выкрашенными краями). Необходимо снять и заменить поврежденный слой покрытия на новый [1].

Рис. 3. Продольные и поперечные трещины [1, 2]

Данными рекомендациями следует пользоваться при ремонте асфальтобетонного покрытия, так как они описывают наиболее частые причины возникновения повреждений, влияющие на долговечность дороги, а также способы их устранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Distress identification manual [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.fhwa.dot.gov/.

2 Flexible Pavement Distress [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pavementinteractive.org.

УДК 691.15

УСТРОЙСТВО ЗАКРЕПЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УСИЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ

А.А. Сошенко, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено устройство закрепления композиционных материалов при усилении конструкций мостов, в основном железобетонных.

Ключевые слова: *устройство закрепления, усиление конструкций.*

DEVICE FOR FIXING COMPOSITE MATERIALS IN THE REINFORCEMENT OF BRIDGE STRUCTURES

A.A. Soshenko, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Device for fastening composite materials in the reinforcement of bridge structures, mainly reinforced concrete.

Key words*: fastening device, reinforcement of structures.*

При строительстве инженерных сооружений разной сложности и размера ключевым фактором является качество и долговечность используемых материалов. Применительно к мостовым переходам это является одним из основных критериев.

Конструкция мостового перехода состоит из пролетных строений, промежуточных и концевых опор. Промежуточные опоры также называют быками, а концевые – устоями. Пролетные строения представляют собой конструкции, несущие ездовое полотно и воспринимающие действия подвижной нагрузки.

Современные методы ремонта, такие как капитальный ремонт или ремонт с последующим усилением пролетных строений в большинстве случаев предусматривают использование большого количества средств и

трудозатрат, что не всегда осуществимо. Однако, данные методы до сих пор являются наиболее действенными на практике, так как они являются ситуативными и каждый из них привязан к определенным условиям.

Но данные методы не всегда являются осуществимы, поэтому их заменяют на композиционные материалы, служащие для усиления пролетных строений. Преимущества композитных материалов:

Коррозионная устойчивость (волокно не подвержено коррозии); отсутствие ограничений по длине; низкий вес, как следствие, отсутствие дополнительной нагрузки на конструкции; возможность усиления конструкций сложной геометрии; технологичность процесса в условиях ограниченного пространства; сохранение габаритных размеров усиливаемых конструкций (толщина слоя 2-3 мм); очень высокая усталостная прочность; отсутствует необходимость использования сварочных работ; эксплуатации грузоподъемных механизмов; высокая скорость выполнения работ.

На сегодняшний день стоит проблема закрепления композиционных материалов при усилении конструкций мостов. Известно много устройств, но на данный момент наиболее актуальное устройство закрепления композиционных материалов является изобретение А.И. Служаева, С.А. Бокарева, М.О. Ящука.

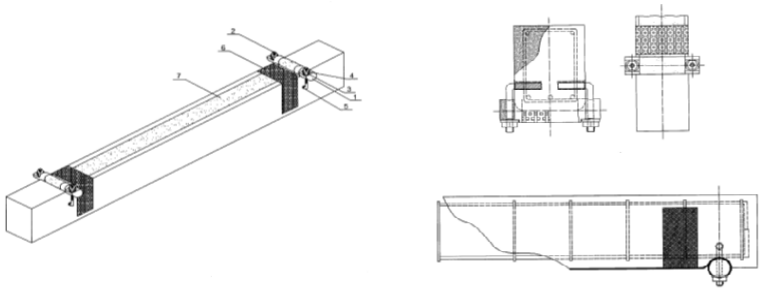


Рис. 1. Устройство для закрепления композиционных материалов

Полезная модель относится к области устройств по усилению существующих конструкций мостов, в основном железобетонных. Данное устройство может быть использовано для усиления малых и средних мостов. Полезной моделью решается задача создания устройства для усиления пролетных строений мостов, позволяющее уменьшить отслоение композиционного материала от поверхности железобетонной балки, что приведет к увеличению несущей способности пролетных строений

мостов. Поставленная задача решается за счет того, что устройство, содержащее два зажима, в виде труб, заполненных цементно-песчаным армирующим раствором (1), для фиксации ПКМ полос (7), закрепленных на поверхности балки (8), согласно предлагаемому, каждая труба расположена с заведением вокруг нее конца полосы материала, а Г-образные резьбовые шпильки (2) зажимов закручены и расположены в отверстиях балки анкера (5) и зафиксированы в отверстиях труб посредством гаек (3) и шайб (4). При использовании устройства увеличивается трещиностойкость, следовательно увеличивается несущая способность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО-01-2011 Усиление пролетных строений мостов материалами на основе однонаправленных высокопрочных углеродных волокон

УДК 625.855.5

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ГОРЯЧЕЙ РЕГЕНЕРАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

А.С. Тарасенков, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются методы горячей регенерации старого асфальтобетонного покрытия. Выявлены достоинства и недостатки каждого.

Ключевые слова: *регенерация асфальтобетона, термопрофилирование, асфальтобетонный гранулят*

COMPARISON OF HOT ASPHALT REGENERATION METHODS

A.S. Tarasenkov, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Methods of hot regeneration of old asphalt are considered. The advantages and disadvantages of each are revealed.

Keywords: *asphalt regeneration, recycling, asphalt crumb*

Регенерация старого асфальтобетонного материала может осуществляться двумя основными способами:

– на асфальтобетонном заводе, когда переработка предварительно снятого (путем холодного или горячего фрезерования) старого асфальтобетонного материала осуществляется в стационарных или передвижных смесительных установках;

– на месте проведения работ, когда регенерация старого асфальтобетонного материала осуществляется непосредственно в процессе асфальтирования (переукладки асфальта)

Существует два основных метода регенерации старого асфальтобетона на месте проведения работ:

1) метод горячей регенерации;

2) метод холодной регенерации.

Традиционный способ ремонта дорожной одежды – способ перекрытия заключается в устройстве выравнивающего слоя, слоя усиления и слоя износа поверх существующего верхнего слоя асфальтобетона.

Альтернативой традиционным методам ремонта покрытия и дорожной одежды являются ресурсосберегающие методы – методы горячей регенерации (термопрофилирования) с проведением всех технологических операций непосредственно на дороге.

Горячая регенерация (термопрофилирование) подразделяется на несколько способов, отличающихся технологией производства работ и используемой техникой:

– Метод термопланирования – наиболее простой метод выравнивания и восстановления первоначальной формы дорожного полотна, не предусматривающий добавление новой асфальтобетонной смеси к регенерируемой смеси.

Термогомогенизация – предусматривает регенерацию старого асфальтобетона путем его перемешивания, что повышает однородность смеси и улучшает ее уплотняемость.

– Метод термоукладки – восстановление дорожного покрытия по технологии горячего ресайклинга с добавлением новой асфальтобетонной смеси. Особенностью данного метода является то, что новая смесь не перемешивается со старой, а укладывается в виде самостоятельного слоя поверх регенерированного.

– Метод термопластификации – восстановление асфальтированного дорожного покрытия по технологии горячего ресайклинга с добавлением пластификатора, улучшающего свойства регенерируемой смеси. Добавление новой асфальтобетонной смеси данный метод не предусматривает..

– Метод термосмешения (другое название — метод «ремикс») – восстановление изношенного асфальтобетонного дорожного покрытия по технологии горячего ресайклинга с добавлением новой асфальтобетонной смеси, щебня, битумного вяжущего и/или пластификатора.

– Метод термоусиления (другое название – метод «ремикс+») – восстановление старого дорожного покрытия по технологии горячего ресайклинга с добавлением новой асфальтобетонной смеси, зернистого материала, битумного вяжущего и/или пластификатора, а также дополнительным устройством нового асфальтобетонного слоя поверх регенерированного [1].

Таблица 1. Сравнение методов горячей регенерации

Наименование основных технологических процессов и характеристик	Методы горячей регенерации						
	Термопланирование	Термогомогенизация	Термоукладка	Термопластификация	Термосмешение	Термоусиление	Регенерация на заводе
Область применения (размер выбоин менее, мм)	15	15	20	15	20	25	Не ограничено
1. Холодное фрезерование							+
2. Удаление гранулята							+
3. Транспортировка гранулята							+
4. Разогрев асфальтобетонного покрытия	+	+	+	+	+	+	
5.Рыхление горячего асфальтобетона	+	+	+	+	+	+	
6. Введение пластифицирующей добавки				+			+-
7. Добавление новой а/б смеси					+	+	+-
8.Перемешивание в барабане		+	+	+	+	+	+
9. Смешивание грану-лята с новой смесью (пластификатором)				+	+	+	+
10. Разравнивание и планирование смеси	+	+	+	+	+	+	+
11. Предварительное уплотнение	+	+	+	+	+	+	+
12. Укладка новой а/б смеси			+			+	+-
13. Окончательное уплотнение	+	+	+	+	+	+	+
Водонасыщение асфальтобетона не более, %	4	4	6	4	Не ограничено	Не ограничено	Не ограничено

Проанализировав данные таблицы 1, можно сделать вывод о том, что самым универсальным методом регенерации является регенерация на а/б заводе, так как к качеству старого покрытия не предъявляется практически никаких требований. Еще одним существенным преимуществом данной технологии является то, что такой способ регенерации предусматривает переработку старого асфальтобетона на уже существующем оборудовании и практически не требует дополнительных инвестиций.

Главным недостатком регенерации на заводе являются затраты на транспортировку а/б гранулята на завод и новой смеси на дорогу. Это значительно удорожает регенерацию.

Основным преимуществом всех методов термопрофилирования является то, что затраты на транспортировку старого асфальтобетона отсутствуют.

Термопрофилирование подразумевает под собой укладку горячей регенерированной смеси на горячее основание. Благодаря этому достигается оптимальная адгезия между слоями покрытия. Наличие смесительного барабана в ресайклере исключает температурную и структурную сегрегацию как регенерированной, так и новой смеси.

Методы термопланирования, термогомогенизации и термопластификации являются самыми экономически выгодными, так как не подразумевают добавления новой асфальтобетонной смеси, но предъявляют достаточно строгие требования к качеству старого асфальтобетонного покрытия [1].

Метод термоукладки, в отличие от предыдущих, имеет более широкую область применения, так как позволяет ремонтировать покрытия с большими амплитудами неровностей, более глубокими колеями, значительной ямочностью, неудовлетворительными поперечными уклонами и более высоким водонасыщением.

Метод термосмешения применяют в том случае, когда существующее покрытие имеет много дефектов в виде трещин, колей, сетки трещин, а также когда необходимо усилить старое покрытие. Для этого к снятому и разрыхленному материалу старого покрытия добавляют новый материал. Требования к водонасыщению асфальтобетона в данном методе не предъявляются.

Метод термоусиления в большинстве случаев применяется при капитальном ремонте дорожной одежды. Слой износа из новой а/б смеси значительно удорожает регенерацию. Этот способ термопрофилирования в экономическом плане сопоставим с традиционным методом перекрытия и практически не имеет выгоды, а в некоторых случаях даже затратнее. К водонасыщению асфальтобетона не предъявляется никаких требований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.3.004–2010. Методические рекомендации по термопрофилированию асфальтобетонных покрытий. Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). М., 2011. 35 с.

УДК 625.7/.8.05

ПОНЯТИЕ ГЕОСЕТКА И ГЕОРЕШЕТКА

Я.Ю. Тумакова, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья посвящена изучению понятия геосетка и георешетка их особенностям и отличиям.

Ключевые слова: *геотекстиль, георешетка, геосинтетики.*

THE CONCEPT OF GEOGRID AND GEOLATTICE

Ya.Yu. Tumakova, A.A. Ignatev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to the study of the concept of geogrid and geolattice their features and differences.

Keywords:*: geotextile, geogrid, geosynthetics.*

Геосинтетики являются универсальным материалом область применения, которого очень широка и расширяется с каждым годом всё больше.

Материал является геосинтетическим, если содержит в своем составе хотя бы один полимерный компонент.

Так как это еще изучаемый материал, он также содержит недостатки. Например, геомембраны могут остановить не только проникновение воды, но и её испарение, некоторые геосинтетики восприимчивы к химическому воздействию и ультрафиолетового излучения. Практически не изучен вопрос о влиянии динамических потоков и остаются малые сомнения относительно долговечности геосинтетиков.

Не смотря на это, они имеют отличную прочность, долговечность при этом является экономичным материалом (сокращаются объемы земляных работ), универсальность материала и экологичность (сокращают использование ресурсов в строительстве).

Основные виды геоматериалов:

- Геотекстили;
- Георешетки и геосетки;
- Геомембраны;
- Геокомпозиты.

Геосинтетические материалы в дорожном строительстве обязательны к применению при прокладке дорог в районах вечной мерзлоты, пустынях, на торфяниках, болотах, в иных тяжелых геологических условиях, а также в грунтах техногенного происхождения. Применение геосентетических материалов при этом серьёзно уменьшает размер затрат на подготовку местности для строительства дорог для автотранспорта.

Геотекстильная сетка, георешётки, а также геотекстильное полотно нетканное применяется в основном для армирования полотна дорог, так как изготовляются из очень прочных полимеров, обладающих прекрасными эксплуатационными качествами.

Также между слоями грунта и щебня укладывается геосетка, препятствующая продавливанию щебенки в мягкую почву, снижая тем самым расход материала и повышая общую устойчивость основания, при этом фракции щебня закрепляются в ячейках геосети и образуют композитный слой хорошо устойчивый к нагрузкам композитный слой.

Нетканый геотекстиль, при помощи которого можно сделать даже укрепление берега водоема, обычно укладывается между песком и щебнем. Этот материал не даёт проникать частицам песка между более крупных фракциями щебня, препятствуя этим перемешиванию насыпных материалов, что существенно снижает их расход и увеличивает общую устойчивость насыпных слоёв, выполняя при этом разделительную и армирующие функции. Микроскопические отверстия в полотне геотекстиля придают ему также дренажные и фильтрующие свойства.

Такие понятия как георешетка и геосетка в различных источниках терминам дано множество определений и характеристик. Очень часто понятия путают, выдавая одно за другое, или дают непонятные и противоречащие параметры различий материалов.

Рассмотрим определения с одного из самых известных ресурсов – Википедии:

Георешетка — один из видов геосинтетиков, который представляет собой двухмерную или трёхмерную сотовую структуру, изготовленную из полос полиэфирного иглопробивного полотна или полиэтиленовых и полипропиленовых лент, скреплённых между собой сварными швами высокой прочности. При растяжении в рабочей плоскости образует устойчивый горизонтально и вертикально каркас, предназначенный для армирования заполняющих ячейки георешётки грунтов, грунтощебня, щебня, песка и других строительных материалов.

Геосетка — геосинтетический плоский полимерный рулонный материал с сетчатой структурой, образованный эластичными рёбрами из высокопрочных пучков нитей, скреплёнными в узлах прошивочной нитью, переплетением, склеиванием, сплавлением или иным способом, с образованием ячеек, размеры которых больше образующих сетку рёбер, обработанных специальными составами для улучшения свойств и повышения их стабильности.

Различие в данных определениях только в виде скрепления (сварной и склеивание). В частном случае трехмерной структурой.

На другом информационном ресурсе понятие георешетка относится только к объёмным геосинтетикам.

Георешеточные модули дорожные представляют собой объемное ячеистое покрытие, состоящее из прочных полимерных лент, соединенных тепловой сваркой. Наполнителем в зависимости от проектных требований служит плодородный грунт, минеральная отсыпка или другой атмосферостойкий материал.

В ОДМ посвященном георешеткам (геосотам) очень расплывчатое определение, подразумевая под собой только объемные георешетки:

Геосинтетический материал пространственной "сотовой" или схожей с ней ячеистой конструкции, образованной из соединённых между собой геополос, выпускаемый в виде складывающегося модуля и поставляемый в виде пакетов в сложенном состоянии.

Одно из наилучших определений дал Р. Коэрнер:

Георешетки представляют собой быстро растущий сегмент в геосинтетических материалах, не является тканым материалом, георешетка состоит из пластика, с большими отверстиями между ребрами. Георешетки формируются различными способами:

1) растягиваются в один или 2 направления для улучшенных физических свойств;

2) стандартный тканые материалы и хорошо зарекомендовавшие себя методы;

3) при склеивании стержней или ремни вместе. Много зон применения, однако, и они действуют почти исключительно как Материалы подкрепления;

Геосетки - составляют еще один специализированный сегмент в области геосинтетических материалов. Они образуются при непрерывной экструзии параллельных наборов полимерных ребер под острыми углами. При вскрытии ребер относительно большие отверстия формируются в сетчатые конфигурация. Их функция конструкции вполне оптимальна где необходимы дренажи они использованы для того чтобы транспортировать жидкости всех типов.

Таким образом, сопоставив несколько источников можно сделать вывод, что основным отличием является область применения материалов. Геосетка является плоским материалом, менее прочными (жесткими) узлами, а также структуры материалов. Георешетка может быть как плоской, так и объемной по своей структуре. Также, георешетка имеет более прочные полимерные ленты и соединенных более прочно, в отличие от геосетки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Геосинтетические материалы: применение в строительстве [Электронный ресурс] / Строим сами. Режим доступа: http://jmsi.ru/geosinteticheskie-materialy-primenenie-v-dorozhnom-stroitelstve

2. Определение георешетки и геосетки [Электронный ресурс] / Википедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Георешётка; https://ru.wikipedia.org/wiki/Геосетка .

3. ОДМ 218.3.032-2013 Методические рекомендации по усилению конструктивных элементов автомобильных дорог пространственными георешетками (геосотами).

4. Георешетки и геосетки в чем разница [Электронный ресурс] /Интернет-магазин геосинтетики. Режим доступа: http://georex.ru/cat_resh/georeshetki-i-geosetki-v-chem-raznitsa/ .

УДК 624.138

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

В.В. Четверикова, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены конструкции вертикального армирования асфальтобетона. Выявлены недостатки данных конструкций. Предложена новая конструкция геосетки.

***Ключевые слова**: армирование асфальтобетона, геосинтетика/*

THE USE OF GEOSYNTHETICS IN ROAD CONSTRUCTION

V.V. Chetverikova, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor - A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The constructions of vertical reinforcement of asphalt. Disadvantages of these constructions. New construction of geosynthetic material.

***Keywords**: reinforcement of asphalt, geosynthetics.*

В процессе эксплуатации автомобильной дороги с течением времени интенсивность движения увеличивается, а прочность дорожной одежды уменьшается.

Одним из способов повышения прочности асфальтобетона является армирование. Для этого в конструкциях дорожных одежд применяют геосинтетические материалы.

Применение геосинтетики в транспортном строительстве особенно актуально в регионах со сложными природными условиями, так как позволяет компенсировать недостатки свойств грунтов и дорожно-строительных материалов, повысить их физические и механические

свойства, а в некоторых случаях – превратить в совершенно новые типы материалов.

Применение геосинетических материалов с точки зрения транспортно- эксплуатационной надежности конструкции может оказаться более рациональным решением, чем получение единовременной экономии денежных средств.

Геосинтетические материалы представляют собой класс строительных материалов, различающихся по структуре, технологии производства, показателям свойств, составу сырья. Их объединяет удобная форма поставки (рулоны, блоки, плиты), возможность обеспечения высокого качества геосинтетические материалов в условиях заводского изготовления, то есть возможность создания дополнительных слоев (прослоек) гарантированного качества при минимальных трудозатратах на месте производства работ и минимальных относительных транспортных расходах.

Их назначение, области применения, выполняемые функции различаются. Для примера представлено описание нескольких патентов на изобретения, описывающих конструкции вертикального армирования геосинтетическими материалами.

Первое изобретение (РФ 2272093 «Конструкция вертикального армирования асфальтобетонных покрытий») относится к области армирование асфальтобетонных покрытий с помощью геотекстильных сеток из полимерный материалов и стекловолокна.

Данный способ армирования (рис. 1) включает разъемные шипы (4), расположенные в узлах геосетки (3), которые служат для восприятия и передачи сдвигающих усилий для усиления сдвигоустойчивости многослойных асфальтобетонных покрытий (1), (2).

Разъемный шип (рис. 2) состоит из двух конусообразных частей (5), (7), соединенных между собой посредством защелки (6).

Технический результат, достигаемый изобретением, состоит в передаче касательных напряжений.

Недостатком данного способа является незначительное повышение прочности асфальтобетона. При включении в пространственную решетку достаточного количестве армированных структур на единицу объема смеси прочность конструкции дорожной одежды изменяется не незначительный показатель.

Второе изобретение (RU 2166019 «Способ армирования асфальтобетонной смеси») представляет собой геосетку, в местах пересечения продольных и поперечных волокон которой, предусматриваются утолщения.

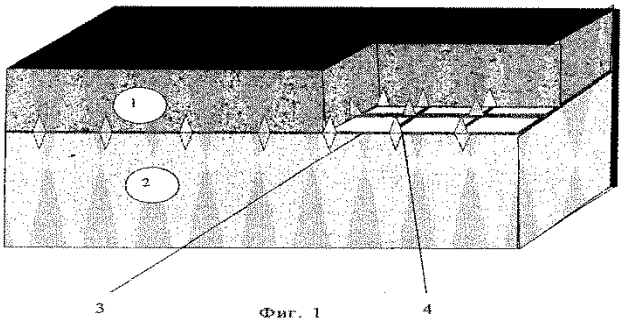


Рис. 1. Конструкция асфальтобетонного покрытия, армированного вертикальным способом

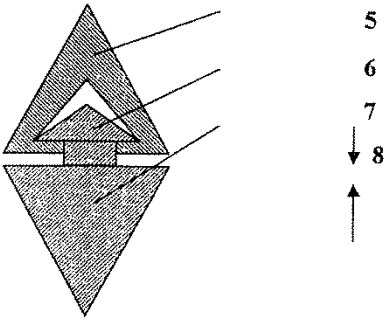


Рис. 2. Конструкция разъемного шипа

Данные утолщения направлены на сопротивление сдвигу покрытия, обеспечение передачи касательных напряжений между слоями.

Согласно предлагаемой полезной модели, вертикальные элементы представляют собой частицы минерального наполнителя с шероховатой поверхностью. Требования к материалам для изготовления вертикальных элементов имеют широкий диапазон. Материал должен быть термоустойчив, химически инертен, иметь шероховатую поверхность, прочность близкую к материалам асфальтобетона и полимерам из которых изготавливается геосетка.

Предлагается укладывать данную геосетку в местах торможения и разгона автотранспорта для предотвращения скольжения верхнего слоя покрытия по нижнему.

Преимущество данной геосетки, кроме вышеперечисленного, заключается также в том, что формирование дополнительных вертикальных элементов происходит на стадии производства геосетки, что не тре-

бует дополнительных трудозатратных операций во время укладки армирующего материала.

Недостатком такой сетки является то, что утолщение узла сетки направленно вверх, т.е. в подстилающем слое узел стремится скользить вместе с верхним слоем.

С учетом вышеизложенных достоинств и недостатков геосентетических материалов студенты Ярославского государственного технического университета поставили перед собой задачу – изобрести геосетку, конструктивные характеристики которой отличались бы от известных изобретений.

Данная геосетка должна иметь объемную форму, для того чтобы иметь равноценную прочность во всех направлениях. Сырье для производства данной геосетки должно быть легкодоступным, термостойким и прочным. Конструкция и размер укладываемых полотен не должны вызывать затруднений при монтаже геосетки, а также при фрезеровании асфальтобетонного покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Игнатьев А.А.* Выбор георешёток при строительстве монолитных слоев дорожной одежды автомобильных дорог: Учебное пособие / А.А. Игнатьев, В.М. Дудин, К.А. Курочкина. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. 87 с.
2. Патентный поиск [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.freepatent.ru/patents/2272093
3. Патентная база [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www1.fips.ru

УДК 625.7/8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

И.А. Рустамов, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Произведен анализ многочисленных ГОСТ и ОДМ по геосинтетическим материалам, с целью обоснования исходных характеристик, в результате чего был поднят вопрос реорганизации нормативной документации.

Ключевые слова: *Автомобильная дорога, земляное полотно, геосинтетические материалы, размеры ячеек, размеры рулонов.*

IMPROVEMENT OF NORMS OF DESIGNING GEOSYNTHETIC MATERIALS

I.A. Rustamov, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of numerous GOST and ODM on geosynthetic materials was carried out, with the purpose of substantiating the initial characteristics, as a result of which the issue of reorganization of normative documentation was raised.

Keywords: *Road, roadbed, the optimum humidity, geosynthetic materials, the dimensions of the cells, the dimensions of the rolls.*

В дорожном строительстве одним из решений, обеспечивающих снижение темпа разрушения дорожных конструкций и увеличение сроков службы автомобильных дорог в целом как в Российской Федерации, так и за рубежом, является применение геосинтетических материалов при армировании дорожных одежд, укреплении откосов, создании автопарковок и т. д.

Геосинтетические материалы нашли применение в дорожном строительстве в середине XX века, их широкое использование началось в 70-е годы, с тех пор геосентетические материалы серьёзно эволюциони-

ровали. В настоящее время продолжается развитие и совер- шенствование подходов к их применению.

В наше время имеется огромное количество различных ГОСТ и ОДМ по применению геосинтетических материалов в полотне дорог различных категорий, тем не менее остро встает вопрос о конкретных характеристиках геоматериалах, таких как геотекстиль тканный и нетканный, геосетки, геокомпозиты, геооболочки, геомембраны и георешетки.

Основными характеристиками являются: размер и вид геоячеек, ширина, длина и вес рулона, толщина, используемый материал, прочность, эксплуатационная прочность.

ОДМ не является нормативным документом — это отраслевой дорожный методический документ, носящий рекомендательный характер, однако он явился базой для разработки стандартов, внесенных ТК 418 «Дорожное хозяйство».

Анализ был произведен на основании огромного перечня документов, таких как:

ОДМ:

– ОДМ 218.5.001-2009 «Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешёток для армирования асфальтовых слоёв усовершенствованных видов покрытий при к/р и ремонте а/д»
– ОДМ 218.5.002-2008 «Методические рекомендации по применению геосеток (георешёток) для усиления слоёв дорожной одежды из зернистых материалов»
– ОДМ 218.5.003-2010 «Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте а/д»
– ОДМ 218.5.005-2010 «Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству» и др.

ГОСТ:

– ГОСТ Р 55030-2012 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения прочности при растяжении»
– ГОСТ Р 55031-2012 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения устойчивости к ультрафиолетовому излучению»
– ГОСТ Р 55035-2012 «Дороги автомобильные общего пользования. материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения устойчивости к агрессивным средам» и др.

Анализ нормативных документов показал, что в некоторых из них них приведена классификация геосинтетических материалов. При этом один и тот же материал в каждой классификации имеет различную терминологию.

В ГОСТ Р 55030-2012 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод

определения прочности при растяжении», в нормативных ссылках указан ГОСТ 12.4.131-83 «Халаты мужские. Технические условия », что свидельствует об отсутствии нормативного документа об конкретном геосинтетическом образце и опытов над ним.

Кроме отсутствия единой классификации геосинтетических материалов в нормативных документах различны их функции и область применения.

При достаточном количестве нормативных документов по применению геосинтетических материалов в дорожном строительстве, разработанных за последнее десятилетие, наблюдается их несоответствие друг другу.

Эффект от применения геосинтетических материалов в конструкциях дорожных одежд может выражаться, например, в увеличении срока службы дорожной одежды за счёт замедления образования трещин и колейности на покрытии, благодаря чему сохраняется его ровность и способность равномерно распределять нагрузку от транспортных средств. Однако приведенные в нормативных документах методические подходы для расчета срока службы дорожных одежд с геосинетическими материалами учитывают лишь те параметры конструкции, которые имеются в наличии, без учета возможного отклонения их значений. В этом случае результаты таких расчётов зачастую расходятся с реальными данными, полученными непосредственно на практике, и это подтверждает тот факт, что изменение параметров дорожных одежд, заданных при расчёте, носит случайный (вероятностный) характер.

Необходима модернизация нормативной документации в соответствии с современными требованиями и техническая обусловленность, обоснованная на измерениях и опытах в различных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильев А.П.* Ремонт и содержание автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / А.П. Васильев. – М.:Транспорт, 1989. – 289 с.

2. *Матвеев С.А.* Использование геосинтетических материалов для армирования дорожных конструкций / С.А. Матвеев, В.В. Сиротюк. Ханты-Мансийск, 2010. 472 с.

3. *Бурмистрова О.Н.* Применение геосинтетических и геопластиковых материалов в дорожном строительстве / О.Н. Бурмистрова, М.А. Воронина. Ухта, 2012. 117 с.

УДК 624.21/.8

КРЫМСКИЙ МОСТ – СТРОЙКА ВЕКА

Д.В. Герасимов, А.А. Игнатьев

Научный руководитель – А.А. Игнатьев, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются основные проблемы и пути их решения, с которыми столкнулись инженеры на этапах проектирования и строительства Крымского моста – крупнейшего объекта инфраструктуры и инженерного сооружения, построенного со времен распада СССР.

Ключевые слова: *Крымский мост, Керченский пролив, автотрасса, железнодорожные пути, Крым.*

CRIMEAN BRIDGE - BUILDING OF THE CENTURY

D.V. Gerasimov, A.A. Ignatyev

Scientific Supervisor – A.A. Ignatyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the main problems and ways to solve them, which the engineers encountered at the design and construction stages of the Crimean bridge, the largest infrastructure facility and engineering structure built since the collapse of the USSR.

Keywords: *Crimean bridge, Kerch Strait, highway, railroad tracks, Crimea.*

На протяжении многовековой истории строительства и инженерного дела, строительство мостов всегда считалось сложной и ответственной задачей, для решения которой привлекалось большое количество квалифицированных и специально обученных кадров.

Спустя многие тысячи лет, основные принципы мостостроения изменились незначительно, но масштабы решаемых инженерных задач колоссально возросли. Однако на помощь современным мостостроителям пришло огромное количество современных технологий и материалов,

позволяющих каждый раз превосходить ранее установленные рамки возможного.

В отечественной практике мостостроения, прорывным стал проект строительства моста через Керченский пролив, получившего 17 декабря 2017 года официальное название – «Крымский мост».

Однако идея строительства моста через Керченский пролив далеко не нова и впервые предложена в 1870 году правительством Российской империи и Великобритании. С конца XIX века вопрос строительства моста поднимался многократно и останавливался на разных стадиях проектирования. До недавнего времени, был реализован лишь один проект и то с относительным успехом, так как профункционировал он не больше года. Данный проект был создан в период Великой Отечественной войны советскими инженерами. В конструкции моста наряду с металлическими сваями и бетонными ростверками интенсивно использовались деревянные сваи и деревянные детали пролётов. Конструкция моста определила краткие сроки его возведения, и уже в ноябре 1944 года по мосту прошел первый поезд. Сваи в основании опор использовались длиной до 30 м, длина моста составила 4,5 км, ширина – около 3 м, мост имел 111 однотипных пролётов по 27,3 м, два разводных пролёта по 27 м и два разводных пролёта по 55 м для обеспечения прохода крупнотоннажных судов. Разводные пролёты были выполнены поворотными – поворачивающиеся на средней опоре пролётное строение перекрывало сразу два судоходных пролёта [1].

Тем не менее к началу 1945 года мост все ещё не был полностью достроен, в частности, не была сооружена большая часть ледорезов. В конце февраля 1945 года льдом, нагнанным ветром из Азовского моря, было разрушено 46 опор, обрушено 53 пролётных строения, около половины свай получили значительные повреждения. Правительственная комиссия, оценив масштабы разрушений, дала рекомендацию мост разобрать [1].

Несмотря на неудачный опыт строительства моста в Керченском проливе, строительство лишь отдалилось, но на проекте не был поставлен крест. Был накоплен ценный опыт, примененный при строительстве моста, приготовления к которому начались в феврале 2014 года.

Первоначально было предложено 74 варианта, среди них мостовые переходы различных конструкций и комбинации мостовых переходов с туннелями. Эксперты отсеяли все варианты с устройством тоннелей, так как они оказались более дорогими, трудоемкими и опасными в процессе строительства и эксплуатации объекта. Среди остальных вариантов наиболее вероятными были избраны «Северный вариант», «Второй вариант», «Еникальский вариант» и «Тузлинский вариант» [2].

«Тузлинский вариант» рассматривается, как самый оптимальный, так как имеет, по сравнению с альтернативными вариантами, наименьшую стоимость, может быть сооружен в самый короткий срок, требует наименьшей протяженности подъездных автодорог и имеет возможность использовать участки для размещения предприятий строительной индустрии и складов для хранения материалов и конструкций [2].

Крымский мост является наиболее сложным и протяженным не только в России, но и в Европе и на самом деле состоит из двух независимых мостов, построенных параллельно: железнодорожного и автомобильного. В табл. 1 представлены технические характеристики железнодорожного и автомобильного моста через Керченский пролив.

Таблица 1. Технические характеристики Крымского моста [3]

Показатели автодорожного моста		Показатели ж/д моста	
Техническая категория	1Б	Техническая категория	II
Длина, км	19,03	Длина, км	19,00
Расчетная скорость движения, км/ч	120	Расчетная скорость движения, км/ч	120 (80)
Число полос движения	4	Число путей движения	2
Габарит проезжей части	2×(Г-10,5)	Тип ж/д путей	балласт
Тип дорожной одежды	капитальный	Тип балласта	щебеночный
Вид покрытия	асфальтобетон	Тип рельс и шпал	Р-65, ж/б шпалы
Нормативная вертикальная нагрузка	А14, Н14	Нормативная вертикальная нагрузка	С14

Перед инженерами-строителями стояло не малое количество задач, от решения которых зависела успешность проекта:

- сложная геология района строительства моста. Керченский пролив является сейсмоопасным районом, с возможной магнитудой землетрясений до 9,3 баллов по шкале Рихтера. Пролетные строения защищены от сейсмических колебаний компенсирующими устройствами, позволяющими в случае землетрясения колебаться в трех плоскостях. Кроме того, дно мелководного пролива устлано слабыми илистыми грунтами, толщина которых достигает 40 метров. При строительстве моста использовалось три типа свай. На керченской стороне, где грунт наиболее благоприятен для устройства опор используются призматические сваи, с поперечным сечением 400×400 мм и глубиной укладки в среднем 16 м. На таманском берегу, где устойчивые грунты находятся на незначительной глубине, используются буронабивные сваи диаметром 1200 мм и средней глубиной укладки 35…40 м. На тузлинской косе и участках покрытых водой укладываются трубчатые сваи диаметром 1420 мм, укрепленные гидротехническим бетоном и армокаркасом. Максимальная длина

трубчатых свай составила 95 м. Для повышения устойчивости моста, некоторые сваи забивались под наклоном [4];

- большое количество историко-культурных памятников. На берегах Керченского пролива множество объектов занесенных в список всемирного наследия ЮНЕСКО, кроме того, дно Керченского пролива просто усыпано ценными артефактами эпохи античности. Прежде чем начать строительство, была проведена колоссальная работа по их сохранению;

- хрупкая экосистема Керченского пролива. Азовское море является местом обитания дельфинов, морских птиц и десятков видов рыб, некоторые из которых занесены в «Красную книгу», про многообразие флоры и фауны говорить можно долго. С этой целью на побережье Азовского и Черного морей были организованы новые места гнездования птиц, а во время нереста рыбы, работы по забивки свайных оснований вовсе останавливались;

- сложные погодные условия. До восемнадцати дней в месяц в Керченском проливе могут бушевать шторма со скоростью ветра до 40 м/с, этот факт значительно осложняет использование высотной техники и ход строительства в целом. С целью минимизировать простои, было предусмотрено строительство двух технологических временных мостов, позволяющих вести строительные работы практически при любых погодных условиях. Пролетные строения прошли все необходимые аэродинамические испытания, чтобы минимизировать воздействие штормовых ветров [5];

- сложные ледовые условия. Керченский пролив нередко замерзает зимой на глубину до 25 см. Мост, построенный в 1944 году советскими инженерами, существенно пострадал от навала льда, поэтому все опоры Керченского моста оснащены ледорезами и рассчитаны на ледовую нагрузку;

- бурное судоходство в Керчь-Еникальском канале. Навигация в Керченском проливе длится минимум десять месяцев в году. Через пролив следует большое количество многотоннажных судов. Для свободного судового сообщения Азовского и Черного морей мост в районе пересечения с Керчь-Еникальским каналом, имеет две судоходные арки длинной 227 метров с шириной судоходного габарита 185 м, высота подмостового габарита 35 м. Данные судоходные арки обеспечивают пропуск любых судов, способных пересекать Черное и Азовское моря. Опоры судоходных пролетов защищены от навала судов шпунтовыми основаниями, засыпанными камнем твердых пород и залитые гидротехническим бетоном.

Строительство Керченского моста решает важнейшую проблему изоляции республики Крым – вошедшей в состав Российской федерации 14 марта 2014 года. Сообщение с полуостровом через границу Украины затруднено по политическим причинам из-за обострившихся взаимоот-

ношений Российской Федерации и Украины. Паромное сообщение с полуостровом по причине сложности погодных условий в Керченском проливе минимум раз в месяц прерывается, например, в октябре 2016 года паромное сообщение прерывалось на 13 суток. Такие перерывы недопустимы и грозят тяжелыми социально-экономическими последствиями.

Стоимость строительства составила 227,92 млрд. рублей, с учетом запланированного срока эксплуатации 100 лет и выходом в 2035 году на проектную интенсивность движения автотранспорта, срок окупаемости проекта с учетом организации платного проезда по мосту, весьма велик и составляет не менее 50 лет. Однако, Крым является перспективным регионом для санаторно-курортного отдыха, в 2017 году, Крым посетило порядка 5,7 млн. туристов и с каждым годом эта цифра растет, поэтому срок окупаемости Крымского моста непосредственно зависит от усилий Российской Федерации по созданию мощного туристического кластера в Крыму [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Википедия [Электронный ресурс] / Свободная энциклопедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org.
2. Мост через Керченский пролив [Электронный ресурс] / Неофициальный сайт. Режим доступа: http://most-kerch.org.
3. ENERGYNEWS [Электронный ресурс] / Новости политики энергетики и высоких технологий. Режим доступа: http://energynews.su.
4. Керченский мост [Электронный ресурс] / Неофициальный сайт. Режим доступа: http://kerch-most.ru.
5. КЕРЧИНФО [Электронный ресурс] / Новостной портал. Режим доступа: https://kerchinfo.com.
6. РИА Новости [Электронный ресурс] / Новостной портал. Режим доступа: https://ria.ru.

УДК 624.048

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ: СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ

А.А. Арсентьева, А.М. Протасов, С.А. Тумаков

Научный руководитель – С.А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается история динамических расчетов, а также основные вопросы, связанные с динамическими воздействиями на здания и сооружения. Раскрывается необходимость определения собственных колебаний зданий.

Ключевые слова: *динамические воздействия, собственные колебания.*

HISTORICAL REVIEW OF DYNAMIC IMPACT ON BUILDINGS AND STRUCTURES: OWN VOICES. MAIN ISSUES AND TASKS

A.A. Arsent'eva, A.M. Protasov, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – S.A. Tumakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers the history of dynamic calculations, as well as the main issues related to the dynamic impacts on buildings and structures. The need to determine the natural oscillations of buildings is disclosed.

Key words: *dynamic effects, natural oscillations.*

Динамика сооружений как наука зародилась в 20-х гг. XX в.; её возникновение было обусловлено практическими нуждами строительства. Динамика сооружений – раздел строительной механики, посвященный колебаниям и методам расчёта сооружений, подвергающихся действию динамических нагрузок, и способах уменьшения колебаний. Динамические нагрузки на сооружение характеризуются настолько быстрым изменением во времени их величины, направления или места приложе-

ния, что вызывают колебания сооружения, которые необходимо учитывать при его расчёте. Динамические воздействия возникают в следствии ряда причин: динамические нагрузки вызываемые машинами, кранами и другим оборудованием, строительство гибких висячих или высотных сооружений, для которых необходимо учитывать динамическое действие ветра. Колебательный характер имеют не только перемещения точек сооружения, но и внутренние усилия и напряжения в его элементах.

Применявшийся в период 20-х гг. XX в. традиционный метод учёта влияния динамической нагрузки - введение в статический расчёт сооружения динамического коэффициента нагрузки, был несовершенным; он игнорировал динамические характеристики сооружений и нагрузок. В 30-х гг. Динамика сооружений стала быстро развиваться, опираясь на экспериментальные данные и достаточно строгую теорию (Д.Д. Баркан, Н.И. Безухов, С.А. Бернштейн, А.Ф. Смирнов и др.).

В 50–60-х гг. в СССР, впервые в мировой практике были опубликованы инструкции по динамическому расчёту сооружений (разработанные ЦНИИСК и НИИ оснований и подземных сооружений), отражавшие высокий уровень развития динамики сооружений в СССР. В эти годы получили развитие новые важные направления в динамике сооружений: динамический расчёт конструкций с нелинейными упругими или диссипативными характеристиками. Также получили развитие расчеты сооружений на случайные нагрузки с применением методов статистической динамики или теории случайных процессов - В.В. Болотин, И.И. Гольденблат, Н.А. Николаенко и др. Большой вклад в изучение динамического расчета зданий и сооружений на специальные воздействия внесли профессора Б.Г. Коренев и И.М. Рабинович, они выпустили справочник по динамике сооружений в четырех томах, где собраны основные справочные данные, необходимые для динамического расчета сооружений.

Стоит отметить, что по настоящее время динамика сооружений, включая теоретические основы динамического расчета зданий, получила широкое развитие. Эта область строительной механики представлена огромным числом работ, как русских ученых так и зарубежных. Исследования, связанные с расчетом высотных зданий на динамические нагрузки проводили такие ученые, как А.М. Белостоцкий, Г.А. Гениев, А.С. Городецкий, Ю.А. Дыховичный, А.С. Залесов, Г.Г. Кашеварова, О.В. Мкртычев

Теоретическая динамика сооружений разрабатывает аналитические и численные методы определения амплитуд вынужденных колебаний, а также частот и форм свободных колебаний сооружений. Методы решения основной проблемы зависят от вида динамической нагрузки и расчётной схемы сооружения. По своему виду динамические нагрузки разделяются на детерминированные, изменяющиеся во времени по опре-

делённому закону, и случайные, изменяющиеся во времени незакономерно и характеризуемые статистическими величинами. В зависимости от вида расчётной схемы сооружения - балка, ферма, рама, арка, плита, свод, оболочка, применяют соответствующий метод для определения амплитуды колебаний как функции координат точек сооружения. Методы определения частот и форм колебаний зависят только от расчётной схемы сооружения. Знание частот и формы соответствующих колебаний сооружения позволяет ещё до его расчёта на динамическую нагрузку предугадать качественную картину вынужденных колебаний, максимально сократить этот расчёт и выявить невыгодные значения частот периодических нагрузок и продолжительности кратковременных нагрузок.

Современные своды правил [СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство" при участии ФГБУ "Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова"" - 104 с.] предписывают определять ветровую нагрузку для зданий и сооружений как сумму статической и динамической составляющих.

$$w = w_m + w_p. \quad (1)$$

Статическая составляющая, соответствующая установившемуся скоростному напору, учитывается во всех случаях. Динамическая составляющая, вызываемая пульсациями скоростного напора, учитывается при расчете: сооружений у которых первая частота собственных колебаний, больше предельного значения собственной частоты; для всех сооружений (и их конструктивных элементов), у которых предельная собственная частота находится в пределах между первой и второй частотами собственных колебаний. Таким образом определять частоты собственных колебаний сооружений необходимо в любом случае, при расчете пульсационной составляющей ветровой нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по динамике сооружений / Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. М.: Стройиздат, 1972. 511 с.

2. *Коренев Б.Г.* О методах уменьшениях вибрации при прохождении через резонанс во время пуска и остановки оборудования / Б.Г. Коренев, Н.А. Пикулев, И.С. Шейнин // В сб.: «Колебания зданий и сооружений». Стройиздат, 1963.

3. *Барштейн М.Ф.* Воздействие ветра на высокие сооружения // Строительная механика и расчет сооружений. 1959. № 1.

4. *Болотин В.В.* Статические методы в строительной механике. Госстройиздат, 1961.

УДК 624.131.7

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ

А.А. Грибков, А.Е. Бунегина, С.А. Тумаков

Научный руководитель – С.А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается поведение фундаментной плиты во времени с учетом фильтрационной консолидации глинистых и песчаных водонасыщенных грунтов.

Ключевые слова: *модель, водонасыщенные глинистые грунты, осадка, коэффициенты постели, армирование.*

THE RESEARCH OF THE BUIDING STRAIN-STRESS STATE FACTORED IN FILTER CONSOLIDATION OF SOIL

A.A. Gribkov, A.E. Bunegina, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – S.A.Tumakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The behavior of a base plate in time taking into account filtrational consolidation of clay and sand water-saturated soil is considered.

Keywords: *model, water-saturated clay soil, draft, bed coefficients, reinforcing.*

Коэффициенты постели описывают вертикальные деформации оснований и фундаментов. Для ленточных и плитных фундаментов коэффициенты постели в первом приближении равны [Пастернак]:

$$C_1 = \frac{E_t}{\mathrm{h}(1-\nu^2)}\,, \qquad C_2 = \frac{E_t \cdot \mathrm{h}}{6(1-\nu)}\,.$$

где E_t – модуль деформации грунта в определенный промежуток времени, определенный на предыдущем этапе данной работы [4];

ν – коэффициент Пуассона;

h – толщина грунтового слоя.

Коэффициент Пуассона принимается равным для грунтов: крупнообломочных - 0,27; песков и супесей - 0,30; суглинков - 0,35;глин - 0,42. [СП 22.13330.2010].

В ходе исследования стало ясно, что стабилизация давления в фундаментной плите не зависит от модуля деформации грунта.

$$\sigma = C_1\omega,$$

C_1 – коэффициент сжатия, связывающий интенсивность вертикального отпора грунта с его осадкой;

σ – вертикальный отпор грунта(значение R_zв модели SCAD);

ω – осадка S;

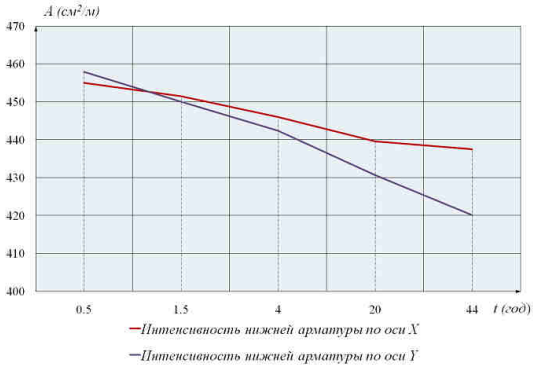
$$t = C_2\frac{\partial\omega}{\partial x},$$

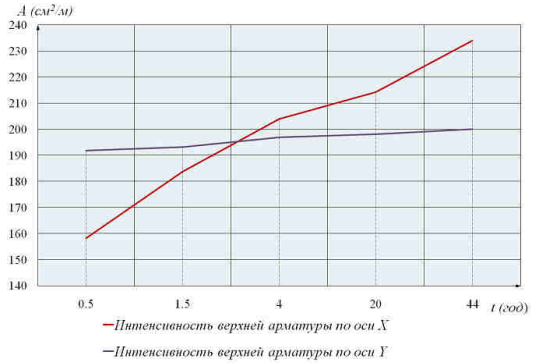
C_2 – коэффициент сдвига, дает возможность выразить интенсивность вертикальной силы сдвига t.

Коэффициенты совершенно не зависимы друг от друга, для исследования большее практические значение имеет коэффициент C_1.

После осуществления расчета коэффициентов постели с их помощью для модели трехэтажного кирпичного бескаркасного здания на монолитной фундаментной плите было задано упругое основание двух типов. В качестве основания для здания были взяты два типа грунта: суглинок и песок среднезернистый. Заданы характеристики грунтов: толща грунта 5 м, модуль деформации для песков 20 МПа, для суглинков 10 МПа, коэффициент фильтрации 15 м/сут для песков и 0,1 м/сут для суглинков. Остальные характеристики определены расчетом. Произведен расчет модели для различных временных отрезков, начиная от начала приложения нагрузи и до стабилизации деформаций. При первом варианте грунтового основания в начальный момент деформации возникают в месте залегания песчаного грунта, когда модули деформаций песка и суглинка практически сравнялись, состояние выровнялось, далее осадка песка стабилизировалась, а суглинок продолжил консолидировать. Деформации возобновились и продолжились до полной стабилизации. Вследствие этих явлений интенсивность армирования растет с течением времени. При втором варианте расположения грунтов (с линзой из суглинка в центре фундаментной плиты) наблюдается уменьшение интенсивности армирования, а соответственно и диаметров нижней арматуры со временем.

В начальный момент в виду интенсивного «отжатия» воды из песчаного грунта в плите возникают существенные напряжения и деформации. К моменту, когда фильтрационная консолидация в суглинке завершается, напряжения в плите стабилизируются.





При таком варианте расположения грунта под подошвой фундаментной плиты опасны значения сил возникающих в начальный момент осадки здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Цытович Н.А.* Механика грунтов / Н.А. Цытович. М.: Госстройиздат, 1963. 636 с.
2. *Пастернак П.Л.* Основы нового метода расчета фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели / П.Л. Пастернак. М.: Госстройиздат, 1954. 56 с.
3. СП 22.13330.2010 ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. М., 2011. 162 с.
4. *Кюккер А.Е.* Исследование напряженно-деформированного состояния здания с учетом фильтрационной консолидации грунтового основания / А.Е. Кюккер, А.А. Грибков, С.А. Тумаков // Юбилейная семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Сборник материалов конференции. Часть. 2. Издательский дом ЯГТУ, 2017. С. 522-525.

УДК 692.445

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО КУПОЛА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD++

М.В. Грибков, А.Е. Баронов, С.А. Тумаков

Научный руководитель – С.А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена методика расчета конструкций геодезического купола с применением информационного моделирования зданий (BIM).

Ключевые слова: *геодезический купол, распределенная нагрузка, информационное моделирование зданий.*

STRUCTURAL ANALYSIS OF GEODESIC DOME IN SCAD++ SOFTWARE PACKAGE

M.V. Gribkov, A.E. Baronov, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – S.A. Tumakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines method of structural analysis of geodesic dome applying building information modeling (BIM).

Keywords: *geodesic dome, distributed load, building information modeling.*

Геодезический купол Фуллера представляет собой архитектурное сооружение сферической формы, которое является пространственной стержневой конструкцией, образующей геодезическую структуру. Узлы данной конструкции находятся на описанной вокруг этого сооружения сферической поверхности. Именно благодаря этому данное сооружение обладает достаточно хорошими несущими качествами. Для подтверждения было принято решение использовать существующую конструкцию и актуализировать её расчет под действующие нормативные документы.

Расчет конструкции главного купола Ярославского планетария Центра им. В. Терешковой был выполнен зарубежной проектной органи-

зацией ООО «Джи-Ви-Эс Про». Проект данного планетария выполнен: раздел АР – ПКБ «Концептор», все остальные разделы – ЗАО «ЯрославГражданПроект». С момента расчета данного купола нормативные документы по заданию нагрузок на конструкцию были актуализированы. В связи с этим были увеличены расчетные снеговые нагрузки с 240 кг/м^2 до 280 кг/м^2.

При всём многообразии средств автоматизированного проектирования, построение геодезических куполов довольно затруднительно, не говоря уже о том, чтобы передать на расчет точную копию такого купола. А ведь именно максимальное приближение расчетной схемы к реальному объекту позволяет наиболее точно определить напряженно-деформированное состояние его конструкций и избежать критических ошибок на стадии проектирования.

Для формирования геометрии купола перед расчетом применялась программа информационного моделирования AutodeskRevit. При помощи встроенного инструмента создания параметрических объектов был выполнен каркас геодезической сферы. Преимущество этой сферы в том, что существует возможность изменять ее диаметр и кратность непосредственно в проекте, поворачивать ее в любое положение и понять расположение и габариты будущего купола относительно остальных конструкций.

В дальнейшем, после определения необходимых параметров купола (кратности, радиуса, высоты), на каркасе в точках, являющихся вершинами будущего купола, размещаются элементы, несущие в себе информацию о коннекторах (количестве присоединяемых элементов, количество материалов на изготовление каждого из коннекторов).

При помощи дополнения для визуального программирования Dynamo используя несложный алгоритм, удалось получить координаты всех коннекторов, размещенных в проекте и вывести их в текстовый файл.

После этого размещаются треугольные панели, непосредственно воспринимающие нагрузку и передающие данную нагрузку на каркас купола. На данные панели задаются параметры для расчета ветровых и снеговых нагрузок.

Расчет конструкций геодезического купола Ярославского планетария производился в вычислительном комплексе SCAD++ (license № 800908099). Теоретической основой комплекса SCAD++ является метод конечных элементов (МКЭ) в форме метода перемещений. Выбор именно этой формы объясняется простотой алгоритмизации и физической интерпретации, возможностью создания единых методов построения матриц жесткости и векторов нагрузок для различных типов конечных элементов, возможностью учета произвольных граничных условий и сложной геометрии рассчитываемой конструкции.

Для расчета в SCAD++ создается набор узлов, соответствующих коннекторам купола, используя их пространственные координаты, полученные ранее. Далее узлы соединяются между собой стержнями. Поскольку вычисление нагрузки для каждого стержня является продолжительным по времени, создаются трехузловые пластины по введенным ранее узлам и разбиваются дроблением каждой из сторон на 6 отрезков – это обеспечивает передачу нагрузок с пластин на стержни как равномерно распределенной по длине. После этого производится загружение стержней собственным весом, пластин – собственным весом, ветровой и снеговой нагрузками, определенными в соответствии с [1], при этом каждый тип нагрузки сохраняется как новое загружение с соответствующими коэффициентами надежности по нагрузке. Далее производится линейный расчет и обработка результатов. Результатом является цветовая схема коэффициентов исчерпания несущей способности для каждого элемента.

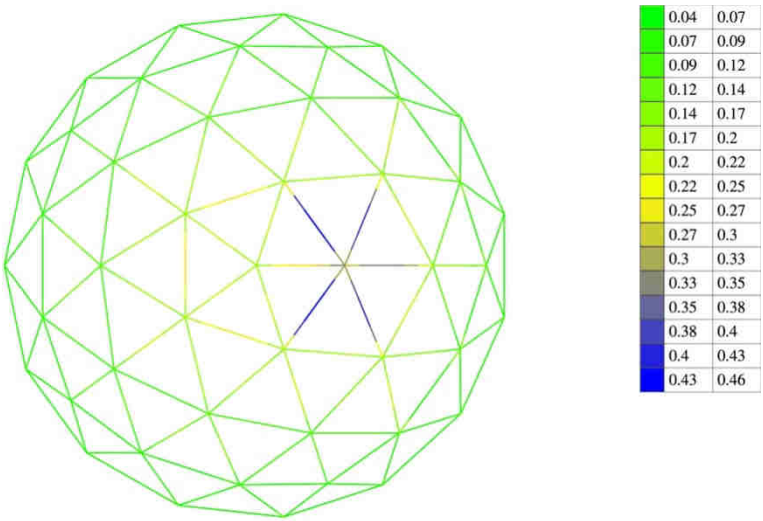


Рис. 1. Распределение коэффициентов использования по элементам купола

Купол Ярославского планетария имеет кратность 3V и диаметр 11 м. Стержни купола выполнены из труб 168х6 мм в соответствии с [2]. Объект находится в г. Ярославле по адресу: ул. Чайковского, 3. Снеговой район – IV, ветровой район – I. Нормативные значения снеговой нагрузки определены в соответствии с разделом 10 и приложением Г.13 [1], нормативные значения ветровой нагрузки – в соответствии с разделом 11

и приложением В.1.4 [1]. Значения нагрузок для каждой панели купола вычислены с помощью параметрических объектов AutodeskRevit.

Результаты расчета отражены на цветовой схеме распределения коэффициентов использования по стержням купола.

Таким образом, можно сделать вывод, что несущая способность элементов данного купола исчерпана менее, чем наполовину. Принятый вариант конструкции Ярославского планетария обеспечивает значительные запасы по прочности и жесткости при воздействии заданных нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», 2017. 95с.
2. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент. Минчермет СССР, 1979. 11 с.

УДК 624.048

РАСЧЕТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЗДАНИЯ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ STRUCTURE CAD

А.В.Данилов, А.А. Арсентьева, С.А.Тумаков

Научный руководитель – С.А.Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается расчет собственных колебаний высотного здания в вычислительном программном комплексе StructureCAD. Раскрывается необходимость вычисления собственных колебаний здания.

Ключевые слова: *StructureCAD, собственные колебания, динамическая нагрузка.*

CALCULATION OF OWN OSCILLATIONS OF THE BUILDING IN THE COMPUTING SOFTWARE COMPLEX STRUCTURE CAD

A.V. Danilov, A.A. Arsent'eva, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – S.A. Tumakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the calculation of natural oscillations of a high-rise building in the computational software complex Structure CAD. The need to calculate the natural oscillations of a building is disclosed.

Keywords: *Structure CAD, natural vibrations, dynamic loading.*

Конструкции высотных зданий обычно обладают сравнительно высокой деформативностью в горизонтальных направлениях, что обуславливает значительные ускорения и амплитуды колебаний их верхних этажей при динамических ветровых воздействиях, так что важной задачей при их проектировании является обеспечение требований комфортного пребывания людей, заключающихся в ограничении амплитуд и ускорений колебаний верхних этажей конструкций. Эти требования предусмотрены во строительных стандартах по всему миру, в том числе в России, Европе и США.

Колебания высотного сооружения при ветровом воздействии могут быстро привести к его разрушению, если возникнет резонанс, и амплитуда достигнет чрезмерных значений. Однако, обычно колебания не являются настолько энергичными, чтобы нанести вред конструкциям сооружения, однако могут доставить серьезный дискомфорт людям, находящимся на верхних этажах.

Горизонтальные силы. Вызванные ветром или землетрясением, создают различные комплексные движения и деформации в строительных сооружениях с повышенной высотностью. Защита строительных сооружений от такого рода изменений является одной их главных задач проектирования несущих конструкций, активных по высоте, и может даже явиться причиной выбора самой строительной формы.

Цель динамического расчета конструкций зданий следующая: определение динамических нагрузок и их классификация по частотности и динамичности; расчет собственных колебаний и определение основных динамических характеристик зданий; расчет вынужденных колебаний и определение амплитуды динамических перемещений и проверка выполнения физиологических и технологических требований по ограничению уровня колебаний; определение амплитуды внутренних усилий в конструкциях и произведение расчета на прочность и выносливость.

В соответствии с [СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»] ветровая нагрузка для зданий и сооружений определяется как сумма статической и динамической составляющих. Статическая составляющая, соответствующая установившемуся скоростному напору, учитывается во всех случаях. Динамическая составляющая, вызываемая пульсациями скоростного напора, учитывается при расчете: сооружений с периодом собственных колебаний более 0,25 с (мачт, башен, опор ЛЭП, дымовых труб и т.п.), многоэтажных зданий, высотой более 40 м; поперечных рам одноэтажных однопролетных промышленных зданий высотой более 36 м при отношении высоты к пролету более 1,5.

Оценка статических и динамических характеристик здания или сооружения может быть выполнена и на основе анализа ее собственных значений частот, периодов и форм собственных колебаний и коэффициентов затухания.

Исследуя конструкцию в ненагруженном состоянии, по величинам собственных частот и форм колебаний можно судить о жесткости здания в различных направлениях и его работоспособности.

Одним из ключевых моментов при расчете конструкций на динамические воздействия и оценке разумности принятых конструктивных решений является определение частоты (периода) первой формы свободных колебаний здания. Использование для этих целей расчетных программных комплексов позволяет получить обширную и достаточно точ-

ную информацию о динамических свойствах конструкций. В тоже время существуют достаточно простые оценки некоторых характеристик зданий, предложенные различными специалистами на основе обработки результатов натурных испытаний реальных конструкций, а также рекомендуемые некоторыми нормами. Использование таких оценок позволяет более обоснованно оценивать принятые конструктивные решения.

Рассматривается разработанная плоская модель высотного этажного здания из монолитного железобетона приведенная к стержневой системе - высотой 12м, имеющего в плане форму сложного сечения (рис. 1).

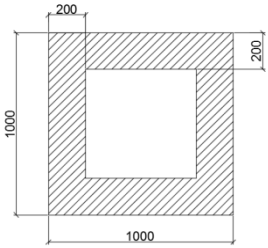


Рис. 1. Сечение стержня

Геометрическая и конечно-элементная плоская модель здания создана с использованием компьютерной технологии вычислительного программного комплекса (ПК) StructureCAD.

Задан стержень высотой 12м, разделенный поэтажно по 3м каждый сегмент. Стержень жестко защемлен. (рис. 2).

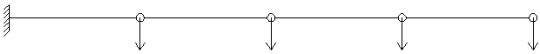


Рис. 2. Расчетная схема

С целью проверки жесткостных характеристик разработанного проекта монолитной плиты междуэтажного перекрытия, а также проверки рациональной компоновки разработанной плоской конечно-элементной модели высотного здания, был выполнен расчет здания на собственные колебания по программному комплексу StructureCAD. При выполнении динамических расчетов учитывалось 4 формы собственных колебаний.

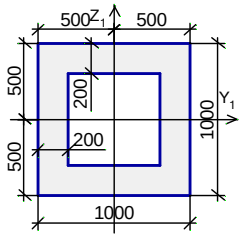
Нагрузка задается как динамическое воздействие в узловых точках и равняется 60кН.

Результаты расчета приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Частоты собственных колебаний

Частоты собственных колебаний								
Загружение	Форма	Собств. значение	Частота		Периоды (сек)	Модальные массы (%)		
			1/сек	ГЦ		Mx	My	Mz
1	1	0,05	20,165	3,211	0,311	69,634	0	0
1	2	0,008	129,923	20,688	0,048	21,028	0	0
1	3	0,003	366,935	58,429	0,017	6,941	0	0
1	4	0,002	660,995	105,254	0,01	2,397	0	0
1	S					100	100	100

Таблица 2. Жесткости

Жесткости		
Тип	Жесткость	Значение
1	Жесткость стержневых элементов (параметрическое описание) вычисл. жесткостн. характ. : EF=19211906.64 EIY=2177349.66 EIZ=2177349.66 GKR=1459735.22 GFY=4048043.93 GFZ=4048043.93 размеры ядра сечения : y1=0.22666 y2=0.22666 z1=0.22666 z2=0.22666 модуль упругости : E=30018602.	

Заключение.

Мы рассчитали стержень на собственные колебания здания в вычислительном программном комплексе StructureCAD. Полученные результаты показали что период собственных колебаний высотного здания первой формы равен 20,17 1/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО "НИЦ "Строительство" при участии ФГБУ "Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова". 104 с.

2. *Сорокин Е.С.* Динамический расчет несущих конструкций зданий. Госстройиздат, 1956 329 с.

3. ГОСТ Р 54859-2001 «Здания и сооружения. Определение параметров основного тона собственных колебаний».

4. Справочник по динамике сооружений / Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. М.: Стройиздат, 1972. 511 с.

УДК 624.046

УСИЛЕНИЕ КАРКАСА ЗА СЧЁТ ВНЕДРЕНИЯ ЯДРА ЖЁСТКОСТИ И ЕГО РАСЧЁТ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD++

Е.С. Егоров, С.А. Тумаков

Научный руководитель - С.А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья посвящена способу усиления каркаса здания при отсутствии по тем или иным причинам вертикальных связей жёсткости по колоннам с выполнением расчётов комплексе SCAD++ (лиц.№800908099).

Ключевые слова: *ядро жесткости, железобетон, расчетная длина, устойчивость, сборная конструкция, монолитная конструкция.*

STRENGTHENING THE FRAME OF A BUILDING WITH INTEGRATION OF ELEMENTS OF CORE AND USING THE CALCULATIONS OF THE COMPLEX SCAD ++

E.S. Egorov, S.A.Tumakov

Scientific Supervisor - S.A.Tumakov, Candidate of Technical Science, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to the experience of strengthening the frame of a building in the absence of vertical stiffness links in columns for some reason and using the calculations of the complex SCAD ++ (license № 800908099).

Keywords*: stiffening core, reinforced concrete, estimated length, stability, prefabricated structure, monolithic structure.*

При возведении многоэтажных каркасных зданий нередко возникают следующие проблемы:

Ошибка проектировщика. Для обеспечения пространственной неизменяемости каркасного здания необходимо предусматривать верти-

кальные связи по колоннам. Возникают случаи, когда проектировщик по тем или иным причинам не указывает, не отображает вертикальные связи. В процессе возведения здания появляются непредвиденные деформации, которые связаны с повышенной гибкостью колонн в связи с отсутствием связей.

Срыв поставок. Часто бывает, что поставки связевых элементов производятся после установки колонн. И при задержке поставок связей строительство текущего этапа производится без них. После прибытия связей, они устанавливаются уже на другом этапе и на деформированные колонны.

Отсутствие документации. При передаче замороженного проекта или при обследовании сооружения часто необходимые документы отсутствуют. В таком случае необходимо создать модель здания “с нуля”. Новые расчёты в таких зданиях, как правило, выявляют проблемы связанные с пространственной жёсткостью конструкции, устойчивостью и др.

В своей работе я задался условием, согласно которому в здании отсутствуют вертикальные связи по колоннам, а также в связи с потерей документов неизвестна схема их расстановки. Согласно произведённому моделированию и расчёту существующего здания, колонны не отвечают условию предельной гибкости [32, табл. 1]. Одним из вариантов решения этой проблемы является введение в конструкцию диафрагмы жёсткости.

В качестве модели принято каркасное многоэтажное здание (рис. 1) шириной 18 метров, длиной 30 метров и высотой 16 метров. Колонны – металлические из квадратной трубы габаритом 150 и толщиной стенки 10 мм из стали С240 с жёстким защемлением в фундаменты. Перекрытие и покрытие выполнены из монолитного железобетона В20. Толщина плит 220 мм.

Согласно расчёту в программном комплексе SCAD++ (лиц. № 800908099) крайние угловые колонны, состоящие из стержней 1-5; 16-20; 121-125; 136-140 (табл. 1) не удовлетворяет условию по предельной гибкости [32, табл. 1].

Снижение гибкости достигается путём уменьшения расчётной длины (табл. 1) стержней за счёт внедрения ядра жёсткости (рис. 2). Ядро жёсткости представляет собой железобетонные конструкции толщиной 220 мм из бетона В20 жёстко сопряжёнными с колоннами. При расчёте изменённого каркаса в программном комплексе SCAD++ (лиц. № 800908099) стержней неудовлетворяющих условию предельной гибкости не обнаружено (табл. 1).

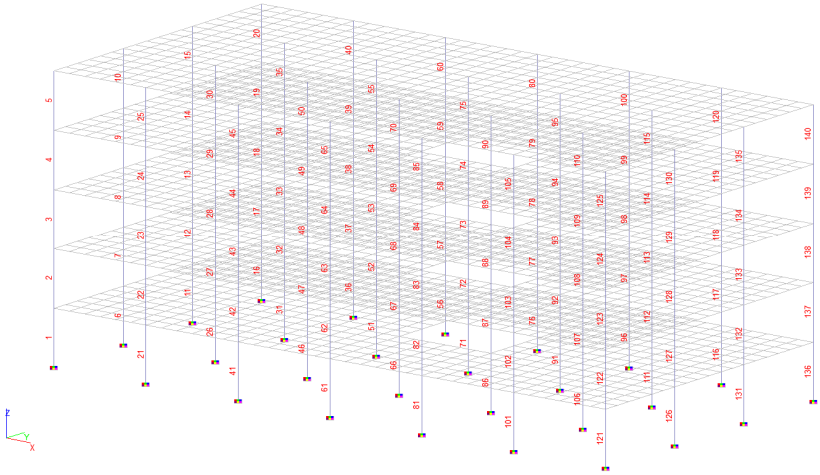


Рис. 1. Расчётная схема сооружения

Для упрощения расчётов в качестве действующих нагрузок приняты: собственный вес конструкций каркаса и снеговая нагрузка.

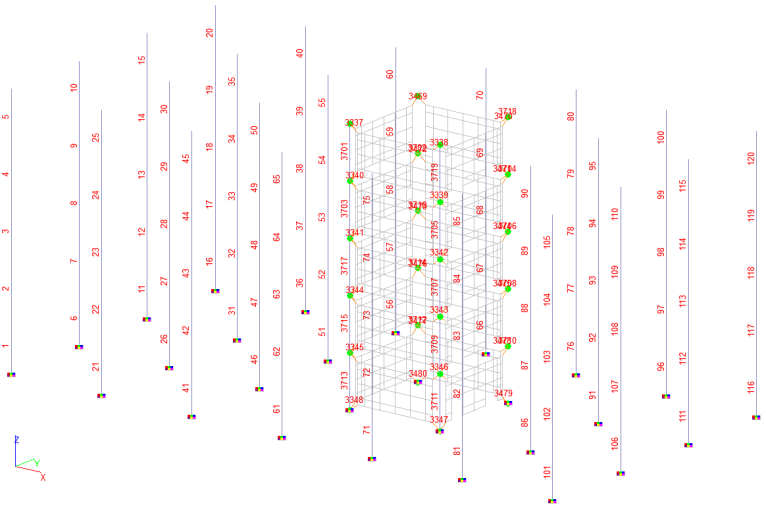


Рис. 2. Внедрение железобетонного ядра жёсткости

Вывод: При введении ядра жёсткости в существующее здание снижается расчётная длина элементов, что приводит к снижению гибкости и деформативности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. введ. 05.20.2011. М.: Минрегион России, 2011.
2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. введ. 06.04.2017. М.: Минстрой России, 2016.
3. ГОСТ 8639-82 Трубы стальные квадратные. Сортамент. введ. 01.01.1983. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

УДК 624.015

РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ НА ТРАНСВЕРСАЛЬНО ИЗОТРОПНЫХ ГРУНТАХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD++

А.А. Куликов, С.А. Тумаков

Научный руководитель – С.А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Описывается процесс расчета фундаментной плиты на анизотропном основании.сопряжения в программном комплексе SCAD++. Производится анализ осадок и напряжений, возникающих в фундаментной плите в зависимости от того, учитываются ли анизотропные свойства грунта

Ключевые слова: *коэффициент упругого основания, анизотропный грунт основания, фундаментная плита , осадка.*

CALCULATION OF THE FOUNDATION PLATE ON TRANSVERSALLY ISOTROPIC SOILS IN THE SCAD ++ SOFTWARE COMPLEX

A.A. Kulikov, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor - S.A. Tumakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The process of calculating the base plate on an anisotropic base is described. interface in the software complex SCAD ++. Analyzed sediments and stresses appearing in the foundation slab, depending on whether the anisotropic properties of the soil are taken into account.

Key words*:coefficient of elastic foundation, anisotropic ground base, foundation plate, sediment.*

В настоящее время имеется достаточно большое количество математических моделей, описывающих работу основания. Однако даже с учетом интенсивного развития вычислительной техники детальный со-

вместный расчет основания и сооружения весьма затруднительная задача. Если учесть что довольно большая группа грунтов обладает свойствами анизотропности, то задача усложняется еще больше.

В современном программном комплексе SCAD Office, такая задача не реализована, и поэтому проектировщик, ведущий расчет фундаментного основания, получает несколько заниженные значения расчетных параметров фундамента: осадку, армирование. Такой недоучет может негативно сказаться на поведение фундамента, в нашем случае плитного фундамента, при недостаточном армировании – появятся трещины, при недоучете деформационных свойств основания – здание получит большую осадку, недопустимую по СНиП. В данной работе, имея в наличие доступный нам программный комплекс SCAD Office, который не учитывает анизотропию, мы с некоторым приближением рассчитаем грунтовое основание, как анизотропную среду и сравним результат с изотропным грунтовым основанием. Для связи модулей деформации используем формулу Буссинеска по перемещению упругого полупространства для изотропной среды $\omega = \frac{P(1-\nu_0^2)}{\pi E_0 r}$ и для анизотропной среды$\omega = \frac{P}{2\pi K^* r}$, где $K^* = \frac{a \cdot c - d}{\alpha \cdot (S_1 + S_2) \cdot (a - \gamma)\sqrt{d}}$. Для вывода коэффициентов будем использовать уравнение Лехницкого-Портаева.

В предположении грунтовые условия в основании фундаментной плиты характеризуются деформационными показателями:

E_r, E_z– модули Юнга растяжения-сжатия соответственно по направлениям лежащим в плоскости изотропии и по направлениям перпендикулярным к плоскостям изотропии.

В предположении $E_r = 15$МПа, $E_z = 13{,}3 МПа$

ν_{rr} – коэффициент Пуассона, характеризующий поперечное сжатие в плоскости изотропии при растяжении в той же плоскости;

ν_{rz} – коэффициент Пуассона, характеризующее поперечное сжатие в плоскости изотропии при растяжении в направлений нормальном к ней;

В предположении $\nu_{rr} = \nu_{rz} = 0{,}3$

K^*– начальный приведенный коэффициент постели

В предположении$K^* = 6{,}81$МПа

Для начала рассчитывалась модель в SCAD ++ с приложенным к ней первоначальным коэффициентом упругого основания. После расчета получалась картина распределения коэффициентов постели, на основании которой проводился цикл итераций. Рассчитывалась плита с полученными в КРОССе параметрами, на основании которых получались новые коэффициенты постели. Затем новые коэффициенты прикладывались к плите.

Рассмотрев результаты можно сделать вывод, что при данных условиях и сочетаниях нагрузок армирование фундаментной плиты на изо-

тропном и на анизотропном основании разняться не критически и в реальном проектировании анизотропными условиями можно было бы пренебречь в отношении армирования фундаментной плиты.

Однако нетрудно заметить, что осадка фундаментной плиты в случае учета анизотропии возрастает в 1,19 раза. Эта разница между осадками практически соответствует разнице между перемещениями упругого полупространства – 1,21 раза.

Главное, что можно сказать, – максимальная осадка в случае расчета осадки фундаментной плиты на изотропном грунте получается равной 5,3 см.

В случае, если мы все же учтем анизотропность грунтового основания, мы получим осадку, равную 6,2 см. То есть в случае учета анизотропности грунтового основания здание будет оседать больше.

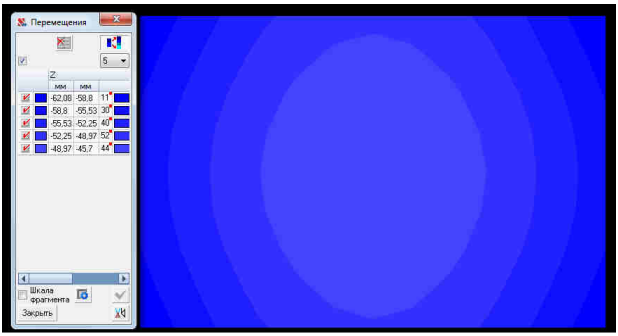


Рис. 1. Осадка фундаментной плиты на анизотропном основании

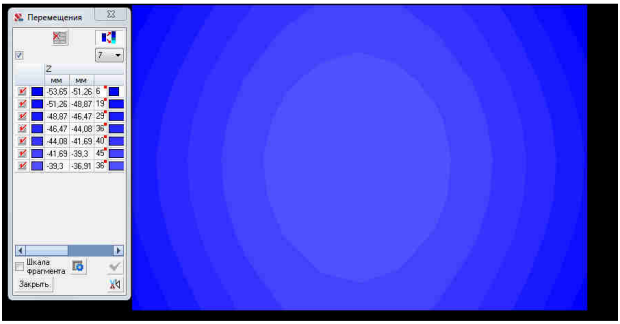


Рис. 2. Осадка фундаментной плиты на изотропном основании

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ватин Н.И.* Совместный расчет здания и фундамента мелкого заложения в SCAD / Н.И. Ватин, А.А. Мойся. Санкт-Петербург, 2007. 14 с.

2. *Бугров А.К.* Анизотропные грунты и основания сооружений / А.К. Бугров, А.И. Голубев. СПб.: Недра, 1993. 245 с.

3. Проектирование оснований и фундаментов мелкого заложения: Учебное пособие / С.А. Тумаков, А.Л. Балушкин, Г.Н. Голубь, С.М. Милонов. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2008. 148 с.

УДК 624.048

МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD++

Н.Ю. Звездочкин, А.Н. Киселкин, С.А. Тумаков

Научный руководитель - С.А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья посвящена расчету и анализу особенностей работы железобетонного каркаса с применением диафрагм жесткости и при их отсутствии, в программном комплексе SCAD++ (лиц.№800908099).

Ключевые слова: *железобетон, расчетная длина, устойчивость, диафрагма жесткости, железобетонный каркас.*

MODELING, CALCULATION AND ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE FRAME IN THE PROGRAM COMPLEX SCAD++

N.Yu. Zvezdochkin, A.N. Kiselkin, S.A.Tumakov

Scientific Supervisor - S.A.Tumakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to calculation and analysis of the features of the work of the reinforced concrete frame with the use of diaphragms of rigidity and in the absence thereof, in the SCAD++ software package (license № 800908099).

Keywords*: reinforced concrete, estimated length, stability, diaphragms of rigidity, reinforced concrete frame.*

Устойчивостью называется способность сооружений сохранять свое первоначальное положение и соответствующую нагрузке первоначальную форму равновесия в деформированном состоянии, всегда пребывать при любых малых посторонних возмущениях близко к исходному невозмущенному состоянию и возвращаться к нему в упругой стадии полностью, а в упругопластической, как правило, частично, если случайные причины, вызвавшие возмущение сооружения, исчезают.

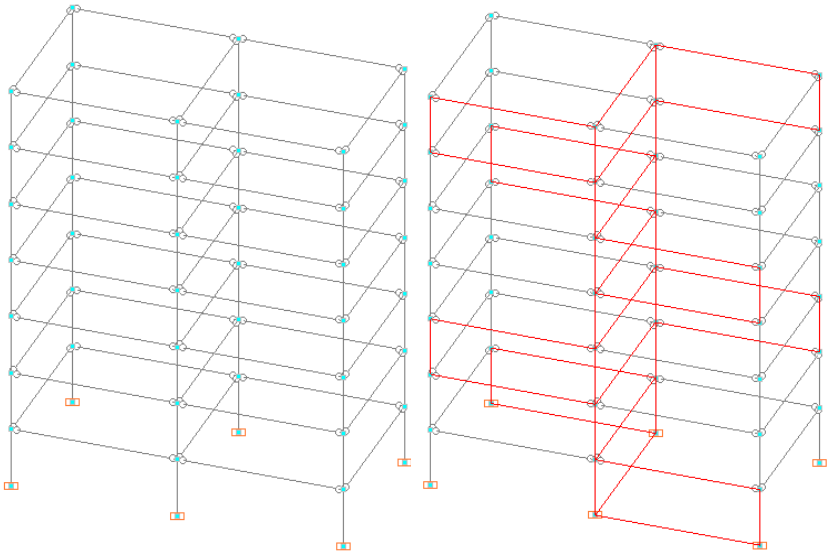
Иными словами, устойчивость есть свойство сооружения оказывать сопротивление посторонним случайным воздействиям и самостоятельно восстанавливать полностью или частично свое положение и форму равновесия в деформированном состоянии, когда случайные воздействия исчезают [1].

Целью данной работы являлось сравнение особенностей работы железобетонного каркаса с применением диафрагм жесткости и при их отсутствии в программном комплексе SCAD++ (лиц.№800908099). Следует отметить, что работа близкая по тематике уже была представлена на 70-ой Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием [4], однако в нашем случае делается больший акцент на устойчивость высотного каркасного здания. Для этого проектировалось 7-этажное здание 18х9 м с шагом колон 9 м и высотой этажа 3,3 м. Перекрытие исполнено в монолитном виде, толщина плит 220 мм, бетон В20. Колонны проектировались из бетона класса В20, квадратного сечения со стороной 400 мм. Для расчета снеговых нагрузок на здание был принят снеговой район № IV [2].

В программном комплексе SCAD++ (лиц.№800908099) с помощью инструмента создания узлов (ввод узлов) были намечены основания колонн. Далее по средствам копирования схемы на высоту этажа (3,3 м) были получены стержни колонн. Для получившихся колонн было задано жёсткое защемление в основании. Жёсткость стержней была задана в соответствии с начальными условиями. По итогу была построена расчетная схема, представленная на рис. 1, а.

Следующим этапом было задание нагрузки. Для расчёта на устойчивость задавались нагрузки от собственного веса и снега. Нормативное значение для второго нагружения (снег) определено в соответствии с СП 20.13330.2011 [п. 10.1, 2] и составляло 0,27 т/м^2.

Аналогично была выполнена расчетная схема с применением диафрагм жесткости. Для её моделирования была взята за основу ранее полученная модель. Путём установки жёстких связей (ввод твёрдого тела) была получена схема, показанная на рис. 1, б.



а) б)

Рис. 1. Расчетные схемы:
а) без применения диафрагм жесткости;
б) с применением диафрагм жесткости.

Далее был выполнен линейный расчёт и расчёт на устойчивость. Значения расчётных длин, полученных по первому и второму варианту, различны. Эти значения при расчёте без применения диафрагм жесткости получились большими (много больше двух геометрических длин элементов). Во втором варианте, напротив, такого эффекта не наблюдается. Также исходя из полученных результатов расчетных длин, можно сделать вывод, что выявленные коэффициенты расчетных длин отличаются от установленных сводом правил.

Любая сжимаемая колонна будет деформироваться, причем чем более неоднородным будет материал конструкции, чем сильнее его центральная ось будет отклонена от прямой линии и чем больше при этом соотношение длины конструкции к ширине или высоте поперечного сечения, тем больше вероятность того, что конструкция не сожмется как пружина, а выгнется как палка, на которую давишь, впрочем, и очень длинную пружину тоже равномерно сжать не удастся, и она тоже выгнется.

Большие значения расчётных длин элементов свидетельствует об их “недогруженности”. Наличие “недогруженных” элементов не скажется на расчётах на прочность, однако расчёт на гибкость таких стержней производить нельзя. Появление “недогруженных” элементов, а именно колонн на верхних этажах, связано с тем, что они подвержены сжатию меньше, чем нижележащие. Программный комплекс SCAD++ (лиц.№800908099) рассчитывает коэффициент запаса устойчивости для всей конструкции в целом, находя самое неблагоприятное значение. Вследствие этого расчётная длина “недогруженных” элементов значительно возрастает. На практике же, отсутствие “недогруженных” элементов может привести к значительной экономии за счет армирования колонн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселев В.А.* Строительная механика: Специальный курс. Динамика и устойчивость сооружений. Учебник для вузов. 3-е издание, исправленное и дополненное. М.: Стройиздат, 1980. 616 с.
2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
3. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
4. Юбилейная семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием «Научно-технические и инженерные разработки – основа решения современных экологических проблем». 19 апреля 2017 г., Ярославль: сб. материалов конф.: В 3 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]. Электронные текстовые данные. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. 791 с. 1 электрон.опт. диск (CD-ROM).

УДК 625.72-691.87

К ВОПРОСУ ОБ АРМИРОВАНИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

К.А. Куликова, С.А. Тумаков

Научный руководитель – С.А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проводится расчет конструкции дорожной одежды, определение основных прочностных характеристик, усиление выбранной конструкции георешёткой с целью повышения ее несущей способности.

Ключевые слова: *нежесткие дорожные одежды, георешётка, армирование.*

TO THE QUESTION ABOUT REINFORCING OF PAVEMENTS

C.A. Kulikova, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor - S.A. Tumakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Calculation of pavement structures, determination of basic strength characteristics, increasing the chosen design of the geogrid with the aim of increasing its bearing capacity.

Keywords: *non-rigid road pavement, geogrid, reinforcement.*

Проектирование неармированной дорожной одежды выполняется в соответствии с ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [1], армированной – в соответствии с ОДМ 218.5.002-2008 «Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешёток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов» [2].

Исходные данные:

1) Район проектирования – Ярославская область
2) Расчетный срок службы дорожной одежды – 12 лет
3) Заданная надежность – $K_н$ = 0,95

4) Группа расчетной нагрузки – A_1 (нормативная статическая нагрузка на ось F = 100 кН, P = 0,60 МПа)

5) Интенсивность движения на первый год эксплуатации – 1240 авто/сут

6) Состав движения (табл. 1).

Таблица 1

Состав движения

Тип автомобиля	Легковые	Грузовые 2 т	Грузовые 6 т	Грузовые 8 т	Автобусы
Доля, %	31	14	28	12	15

7) Годовой прирост интенсивности движения 6 %

8) Грунт рабочего слоя земляного полотна – песок пылеватый

9) Схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна – 3.

Категория автодороги устанавливается по расчетной интенсивности движения (перспективной) на 20-й год эксплуатации в соответствии с СП 34.13330.2012. Рассматриваемая дорога относится к III категории.

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы составит 703165 циклов.

Рассмотрим вариант дорожной одежды со следующими толщинами конструктивных слоев (табл. 2).

Общий модуль упругости конструкции дорожной одежды составляет 256 МПа. Требование прочности должно удовлетворять условию (1) [1, формула 3.9]:

$$E_{\text{об}} \geq E_{min} \cdot K_{\text{пр}}^{\text{тр}},$$

где $E_{\text{об}}$ –общий расчетный модуль упругости конструкции, МПа;

E_{min} –минимальный требуемый общий модуль упругости, МПа;

$K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ –требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба.

$$E_{\text{об}} = 256\text{МПа} < E_{min} \cdot K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 226{,}60 \cdot 1{,}17 = 265{,}13\text{МПа}$$

Таблица 2. Конструкция дорожной одежды

Материал слоя	$h_{сл}$, см	$E_{упр.пр}$ Мпа	$E_{сдвиг}$ Мпа	Расчет на растяжение при изгибе			
				E, Мпа	R_0	α	m
Асфальтобетон плотный на БНД 60/90	5	3200	1800	4500	9,80	5,2	5,5
Асфальтобетон пористый на БНД 60/90	7	2000	1200	2800	8,00	5,9	4,3
Щебень фракционированный 40-70 мм с заклинкой фракционированным мелким щебнем	20	350	350	350	-	-	-
Песок средней крупности	25	120	120	120	-	-	-
Песок пылеватый	-	60	60	60	-	-	-

Выбранная конструкция не удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу.

Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна и в малосвязанных слоях обеспечено условие (2) [1, формула 3.11]:

$$T \leq \frac{T_{\text{пр}}}{K_{\text{пр}}^{\text{тр}}},$$

где T – расчетное активное напряжение сдвига в расчетной точке конструкции от действующей временной нагрузки, МПа;

$T_{\text{пр}}$ – предельное значение активного напряжения сдвига, превышение которого вызывает нарушение прочности на сдвиг, МПа.

$$0{,}02676\text{МПа} > \frac{0{,}0125}{1{,}00}$$

Выбранная конструкция не отвечает условию прочности по сдвигоусточивости в малосвязных конструктивных слоях.

$$0{,}0114\text{МПа} > \frac{0{,}01}{1{,}00}$$

Выбранная конструкция не отвечает условию прочности по сдвигоусточивости в грунте земляного полотна.

Так как выбранная конструкция не обладает необходимой несущей способностью предусматриваем армирование.

Общий модуль упругости армированной дорожной одежды составляет 288 МПа.

$$E_{\text{общ}}^{\text{арм}} = 1{,}212 \cdot 256 = 310{,}27\text{МПа} > E_{\min} \cdot K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 226{,}60 \cdot 1{,}17 = 265{,}13\text{МПа}$$

Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу [2].

Проверим конструкцию на сдвигоустойчивость в малосвязных конструктивных слоях и грунте земляного полотна соответственно [2]:

$$\frac{1}{\alpha_3} T = \frac{1}{1{,}287} 0{,}0276 = 0{,}0214\text{МПа} < \frac{T_{\text{пр}}}{K_{\text{пр}}^{\text{тр}}} = \frac{0{,}0891}{1{,}00} = 0{,}0891\text{МПа}$$

$$0{,}0114\text{МПа} < \frac{0{,}177}{1{,}00} = 0{,}177\text{МПа}$$

Условия прочности выполняются, следовательно, к дальнейшему

расчету принимаем армированную конструкцию, позволяющую без увеличения толщины слоев повысить грузоподъемность автодороги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. М.: Информавтодор, 2001.
2. ОДМ 218.5.002-2008 Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов. М.: ФГУП «Информавтодор», 2008.

УДК 624.048

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ В СИСТЕМЕ MATHCAD

А.М. Протасов, А.В. Данилов, С.А. Тумаков

Научный руководитель – С.А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья предназначена для расчета на определение частот собственных колебаний, на примере ядра жесткости загруженного четырьмя массами, в программном комплексе Mathcad University 14 (Сервисный контракт №6А1237243) .

Ключевые слова: *расчетная схема, уравнение амплитуд, изгибающий момент, статистический коэффициент влияния.*

MODELING AND CALCULATION FOR DETERMINING THE FREQUENCIES OF OWN OSCILLATIONS IN THE SYSTEM MathCad

A.M. Protasov, A.V. Danilov, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – S.A. Tumakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is intended to calculate the frequency of natural oscillations, using the example of a stiffness nucleus loaded with four masses, in the Mathcad University 14 software package (Service contract №6A1237243).

Keywords*: the design scheme, the equation of amplitudes, the bending moment, the statistical coefficient of influence.*

Частоты собственных колебаний - важнейшие характеристики сооружения, определяющие его отклик на внешнее динамические нагрузки. Методы расчета на ветровые, вибрационные, сейсмические и другие динамические воздействия основываются на предварительном определении частот собственных колебаний рассчитываемого сооружения.

Целью данной работы является расчет на определение собственных колебаний. Рассмотрим в качестве примера систему с четырьмя степенями свободы, четырех этажного ядра жесткости загруженного массами в программном комплексе Mathcad University 14 (Сервисный контракт №6А1237243), в будущем применяя этот расчет переходить на железобетонное ядро жесткости в многоэтажном здании. Для этого был взят пример лифтовой шахты на четыре этажа, сечением 1х1 м с толщиной стенок 0,2 м, высотой этажа 3 м, из бетона класса В25. На каждом этаже была принята нагрузка в 60 кН.

Для практических целей часто бывает достаточно найти наименьшую частоту, представляющую наибольшую опасность в смысле возможности возникновения резонанса. Дело в том, что резонанс на низшей частоте приводит к большему динамическому эффекту. Поэтому низшую частоту иногда называют частотой основного тона колебаний. Следующие по порядку тон колебаний называется первым обертоном.

На первом этапе решения данной задачи необходимо составить расчетную схему (рис. 1, а) и построить эпюры изгибающих моментов от единичных инерционных нагрузок, соответствующих по их направлению (рис. 1, б, в, г, д).

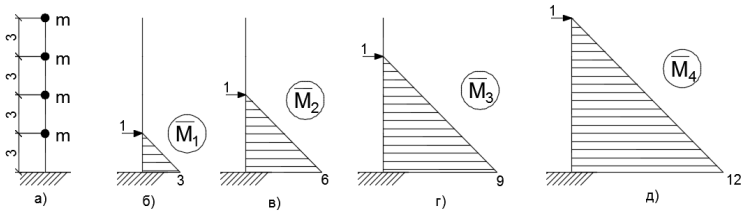


Рис. 1. Расчетная схема и эпюры от единичных сил

Следующим этапом было составление уравнения амплитудных собственных колебаний с четырьмя степенями свободы:

$$(m_1\delta_{11}-1/\omega^2)a1 + m_2\delta_{12}a_2 + m_3\delta_{13}a_3 + m_4\delta_{14}a_4 = 0,$$
$$m_1\delta_{21}a_1 + (m_2\delta_{22}-1/\omega^2)a_2 + m_3\delta_{23}a_3 + m_4\delta_{24}a_4 = 0,$$
$$m_1\delta_{31}a_1 + m_2\delta_{32}a_2 + (m_3\delta_{33}-1/\omega^2)a_3 + m_4\delta_{34}a_4 = 0,$$
$$m_1\delta_{41}a_1 + m_2\delta_{42}a_2 + m_3\delta_{43}a_3 + (m_4\delta_{44}-1/\omega^2)a_4 = 0.$$

Перемещения δ_{11}, $\delta_{12}=\delta_{21}$, $\delta_{13}=\delta_{31}$, $\delta_{14}=\delta_{41}$, δ_{22}, $\delta_{23}=\delta_{32}$, $\delta_{24}=\delta_{42}$, δ_{33},$\delta_{34}=\delta_{43}$, δ_{44} вычисляем обычным способом А.Н. Верещагина от единичных сил, приложенных в местах действия сил инерции, т.е. в сечениях, где находятся точечные массы.

Тривиальное решение системы уравнений $a_1=a_2=a_3=a_4=0$ соответствует равенству нулю амплитуд колебаний, то есть случаю, когда система находится в покое. Существование отличных от нуля амплитуд a_1, a_2, a_3, a_4 возможно только в том случае, если определитель, составленный из коэффициентов при амплитудах, равен нулю:

$$\left\|\begin{pmatrix} m_1\delta_{11}-\frac{1}{\omega^2} & m_2\delta_{12} & m_3\delta_{13} & m_4\delta_{14} \\ m_1\delta_{21} & m_2\delta_{22}-\frac{1}{\omega^2} & m_3\delta_{23} & m_4\delta_{24} \\ m_1\delta_{31} & m_2\delta_{32} & m_3\delta_{33}-\frac{1}{\omega^2} & m_4\delta_{34} \\ m_1\delta_{41} & m_2\delta_{42} & m_3\delta_{43} & m_4\delta_{44}-\frac{1}{\omega^2} \end{pmatrix}\right\| = 0$$

Далее подставляем в определитель коэффициенты статистического влияния, и умножив каждый элемент определителя на величину EJ/m, и обозначив $\lambda=EJ/(\omega^2 m)$, получим определитель с неизвестной λ.

В программный комплекс Mathcad University 14 (Сервисный контракт № 6A1237243) заносим данные определителя и приравниваем его к 0. В итоге программный комплекс выдаст нам вековое уравнение с четырьмя степенями свободы. Которое также решается с помощью программного комплекса Mathcad University 14 (Сервисный контракт № 6A1237243), просто нужно во вкладке символика выбрать переменная и решить. Программа выдаст нам λ_1, λ_2, λ_3 и λ_4.

Для определения частот собственных колебаний системы, необходимо рассчитать момент инерции, для данного сечения (рис. 2).

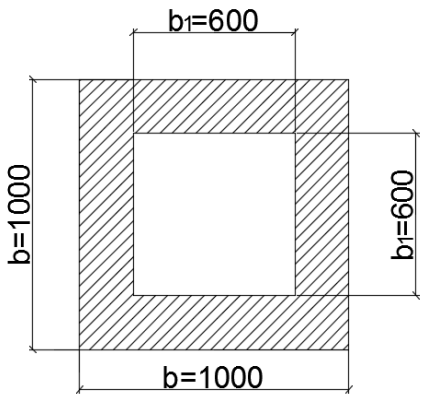


Рис. 2. Сечение заданного ядра жесткости

Момент инерции определяется по формуле $J = \frac{b^4 - {b_1}^4}{12} = \frac{1^4 - 0{,}6^4}{12} = 0{,}0725 м^4$.

Модуля упругости бетона В25, определяется по СП 63.13330.2012 [п. 6.1.15 т. 6.11], $E=0{,}30*10^8$ кН/м^2.

В итоге подставляя результаты в уравнение $\omega = \sqrt{\frac{EJ}{m\lambda}}$, мы получаем ω_1 - основной тон, ω_2 - первый обертон, ω_3 - второй обертон и ω_4 - третий обертон.

$$\omega = \sqrt{\frac{EJ}{m\lambda}} = \sqrt{\frac{EJ}{m}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} = \sqrt{\frac{0{,}30 \cdot 10^8 \cdot 0{,}0725}{60}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} = 596{,}35 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}}$$

$$\omega_1 = 596{,}35 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda_1}} = 596{,}35 \cdot \sqrt{\frac{1}{875{,}45}} = 20{,}16\ с^{-1} \text{ (основной тон)},$$

$$\omega_2 = 596{,}35 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda_2}} = 596{,}35 \cdot \sqrt{\frac{1}{21{,}09}} = 129{,}86\ с^{-1} \text{ (первый обертон)},$$

$$\omega_3 = 596{,}35 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda_3}} = 596{,}35 \cdot \sqrt{\frac{1}{2{,}64}} = 367{,}03\ с^{-1} \text{ (второй обертон)},$$

$$\omega_4 = 596{,}35 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda_4}} = 596{,}35 \cdot \sqrt{\frac{1}{0{,}81}} = 662{,}61\ с^{-1} \text{ (третий обертон)}.$$

Полученные значения представлены на спектре частот собственных колебаний (рис. 3).

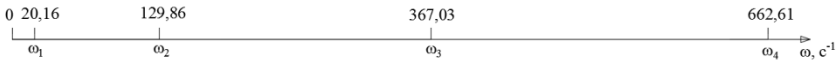


Рис. 3. Спектр частот собственных колебаний

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по динамике сооружений / Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. М.: Стройиздат, 1972. 511 с.
2. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

УДК 624.15

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФУНДАМЕНТОВ

Д.М. Рыжковская, С.А. Тумаков

Научный руководитель – С.А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается усиление фундамента многоквартирного жилого дома при помощи железобетонной рубашки и продольных разгружающих балок.

Ключевые слова: *фундаменты, основание, усиление, железобетонная рубашка, продольные разгружающие балки.*

RECONSTITUTION OF BEARING CAPACITY OF FOUNDATIONS

D.M. Ryzhkovskaya, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor - S.A. Tumakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines the strengthening of the foundation of an apartment building with the help of reinforced concrete shirts and longitudinal unloading beams.

Keywords: *foundations, foundation, reinforcement, reinforced concrete shirts, longitudinal unloading beams.*

Усиление фундаментов оказывается необходимым в следующих случаях:

1. при увеличении нагрузок на фундаменты в связи с надстройкой зданий, их реконструкцией, изменением технологических процессов или режима их работы;
2. при строительстве новых сооружений, возведение которых сказывается на прочности фундаментов;

3. при изменении гидрологических условий вследствие изменения уровня грунтовых вод;

4. при недостаточной прочности материалов фундаментов вследствие низкого качества работ;

5. при появлении недопустимых для зданий деформаций и повреждений в виде трещин и изломов.

В инженерной практике нередко сочетают различные методы усиления фундаментов.

Предпочтение необходимо отдавать наиболее простым и дешевым методам, дающим хорошие результаты усиления.

Практика показала, что наиболее радикальным способом усиления нарушенных и ослабленных бутовых и кирпичных фундаментов является устройство одно или двусторонних бетонных рубашек с последующим инъектированием раствора в кладку фундаментов через оболочку рубашек.

Часто необходимость усиления фундаментов вызывается увеличением нагрузки вследствие реконструкции или надстройки здания. Для этого увеличиваются размеры подошвы фундаментов с сохранением отметки ее заложения. Наиболее сложным является усиление фундаментов в углах и пересечениях. Поэтому местное усиление следует проектировать вне углов и пересечений, на наиболее нагруженных прямых участках и в лестничных клетках. Места усиления на отдельных участках размещаются по возможности симметрично, а их размеры определяются расчетом.

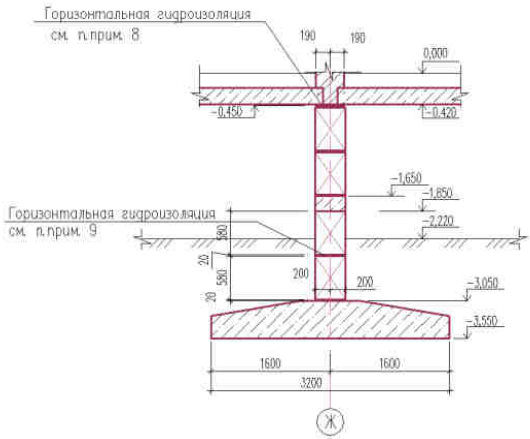


Рис. 1. Фундамент до усиления

Расчет основания фундаментов производится по второй группе предельных состояний с учетом ограничения давления в подошве усиленного фундамента.

При определении расчетного сопротивления грунта под подошвой усиливаемого фундамента учитывается изменение прочностных свойств грунта, обжатого длительно действующей нагрузкой (применением повышающего коэффициента KR) и увеличение расчетного сопротивления грунта под подошвой фундамента засчет бокового пригруза от уширяемых элементов (применением коэффициента Kq).

1) Задаемся шириной двустороннего наращивания подошвы фундамента:

$b_{ad}>b/2=3,2/2=1,6$ м.

Тогда при коэффициенте пористости e=0,7 для песков повышающий коэффициент, учитывающий увеличение расчетного сопротивления грунта под подошвой фундамента засчет бокового пригруза от уширяемых элементов, Kq=1,1.

2) Расчетное сопротивление:

$R_{tq}=K_qR_t=1,1x152=167,2$ кПа.

3) Вычисляем требуемую ширину наращивания фундамента:

$b_{ad}=(600-167,2x3,2)/(167,2-240/3,2)=0,70$ м.

Принимаем ширину наращивания с каждой стороны равной $b_{ad}/2=0,70/2=0,35$ м.

Полная ширина усиленного фундамента равна:

$b_{enl}=b+b_{ad}=3,2+0,70=3,9$ м.

4) Полная нагрузка с учетом собственного веса наращивания составляет

$N'_{enl}=600+25x0,70x0,75=613,13$ кН/м.

5) Определяем расчетное сопротивление грунта в естественном состоянии под подошвой элементов наращивания:

R = 126,87 КПа.

6) Проверяем условия:

$p_{m,ad}=(N'_{enl} - N_r)/b_{enl}=(613,13-240)/3,9=95,67$ кПа<R=126,87 кПа;

$p_m=N_r/b + p_{m,ad}=240/3,2+95,67=170,67$ кПа$>R_{tq}=167,2$ кПа;

превышение составляет менее 5%:

(170,67-167,2)/170,67x100%=2,03%<5%.

Условия ограничения давления под подошвой усиленного фундамента выполняются.

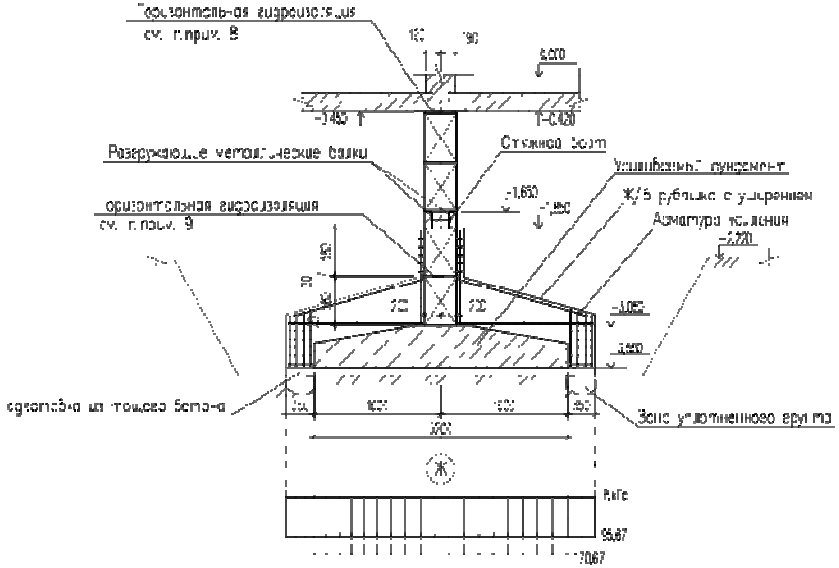


Рис. 2. Усиление фундамента железобетонной рубашкой и продольными разгружающими балками

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Далматов Б.И.* Механика грунтов, основания и фундаменты. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Стройиздат, 1988. 415 с.

2. П78. Проектирование оснований фундаментов мелкого заложения: Учебное пособие / С.А. Тумаков, А.Л. Балушкин. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2008. 148 с.

3. ГОСТ Р 52085-2003. Опалубка. Общие технические условия.

4. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. М.: ФГУП ЦПП, 2005.

5. Каталог конструктивных решений по усилению и восстановлению строительных конструкций зданий и сооружений. ОАО “ЦНИИПромзданий”, 2009.

УДК 693.54

РАСЧЁТ КИРПИЧНОГО СВОДА

К.В. Суворова, Л.Д. Буджиашвили, С.А. Тумаков

Научный руководитель – С.А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается напряженно-деформированного состояния кирпичного свода.

Ключевые слова: *кирпичный свод, напряженно-деформированное состояние, элементарные арки.*

CALCULATION OF BRICK ARCH

K.V. Suvorova, L.D. Budjiashvili, S.A.Tumakov

Scientific Supervisor – S.A.Tumakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper considers the stress-strain state of brick arch.

Keywords: *brick arch, the stress-strain state, basic arches.*

Сводчатые и куполообразные крыши имеют ряд преимуществ. Поскольку в таких помещениях площадь полной поверхности меньше, то и тепловые потери в них ниже. Кроме того, на их возведение затрачивается меньше строительного материала. Сводчатые и куполообразные крыши, как правило, обходятся дешевле по сравнению с плоскими или скатными. Было замечено, что по сравнению с традиционными помещениями с плоскими потолками, помещения со сводчатыми и куполообразными покрытиями оказывают приятное психологическое воздействие.

Целью работы было осуществить проверку прочности и устойчивости элементов свода.

В основу расчета положена методика, описанная в книге «Исследование деформаций, расчет несущей способности и конструктивное укрепление древних распорных систем. Методические рекомендации.»

Эта методика предусматривает членение свода на элементарные арки, их расчет. Определяются внутренние усилия и опорные реакции элементарных арок.

В процессе выполнения работы в программном комплексе SCADOfficeбыли построена модель кирпичного свода. Он представлял собой кирпичный свод с радиусами: горизонтальными (полупролет) – 3,22 м и 4,15 м, вертикальные (стрела подъема) – 2,5 м.

Основными элементами расчетной схемы являются плоские арки: щековые, промежуточные (элементарные) и диагональные ребра. Арки моделируются ломаными кривыми. Опорные закрепления расположены у пят диагональных ребер и имеют ограничения перемещений по 6 направлениям, таким образом, диагональные ребра моделируются как бесшарнирные арки.

Конечные элементы типа «оболочки» (показаны на рис. 1) в работе каркаса не участвуют и используются для моделирования нагрузок на свод.

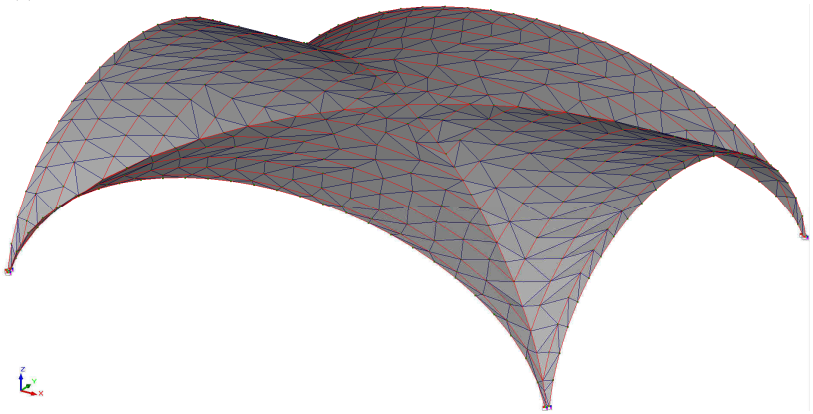


Рис. 1. Общий вид расчетной схемы свода

Указанная выше методика предусматривает членение свода на элементарные арки, их расчет. Расчетом определяются внутренние усилия и опорные реакции элементарных арок. Далее рассчитывается диагональное ребро, загруженное опорными реакциями элементарных арок.
Работа подпружных арок расчетом не учитывается.

Форма кривой щековых арок принята в виде дуг эллипсов с радиусами: горизонтальными (полупролет) – 3,22 м и 4,15 м, вертикальными

(стрела подъема) – 2,5 м. Диагональные ребра построены по линии пересечения поверхностей, образующими которых являются щековые арки.

Нагрузки на свод принимаются в соответствии со сбором нагрузок. Нагрузка от собственного веса задается программно.

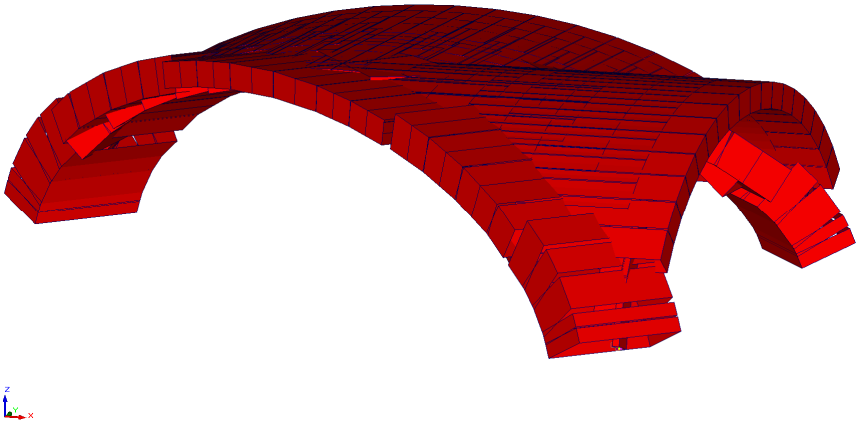


Рис. 2. Общий вид расчетной схемы, рассеченной по диагональному ребру. Показаны сечения арок

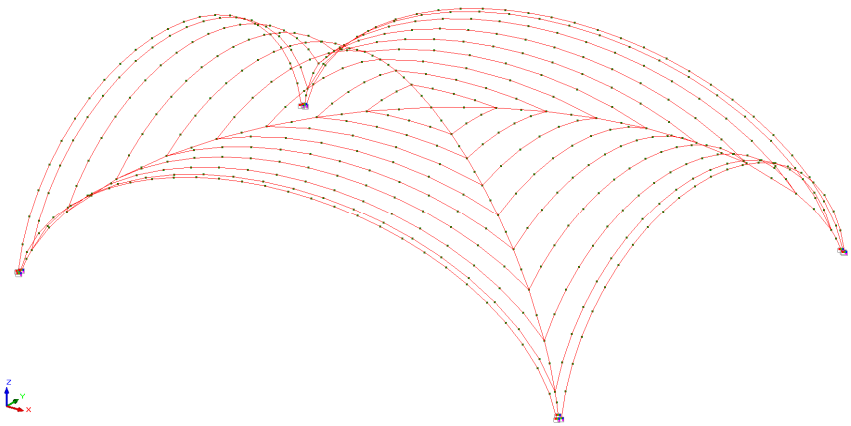


Рис. 3. Схема расположения рабочих арок пространственной расчетной схемы

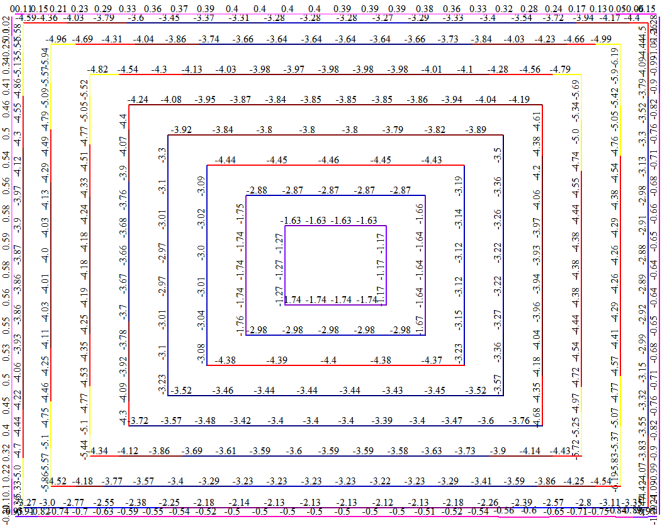


Рис. 4. Значения продольных усилий в элементарных арках
Максимальное значение сжимающих усилий – 6,2 тс

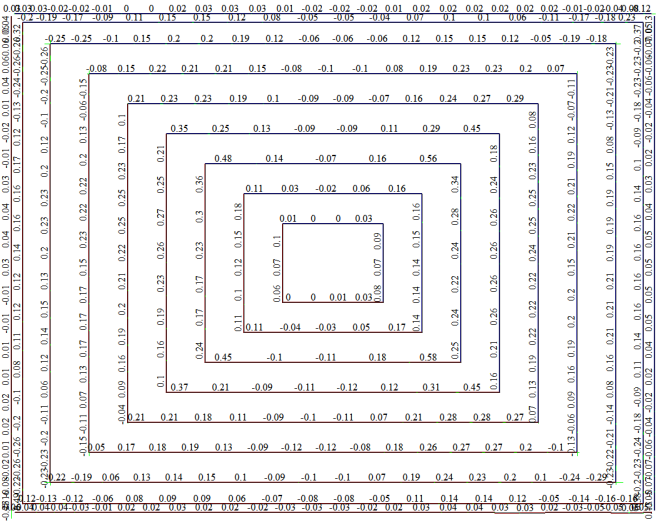


Рис. 5. Значения изгибающих моментов в элементарных арках
Максимальное по модулю значение 0,58 тс·м

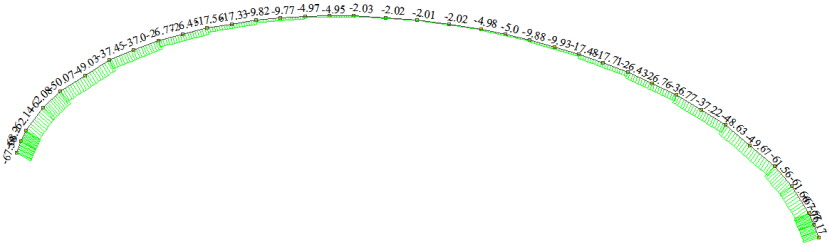


Рис. 6. Продольные усилия в диагональном ребре, тс

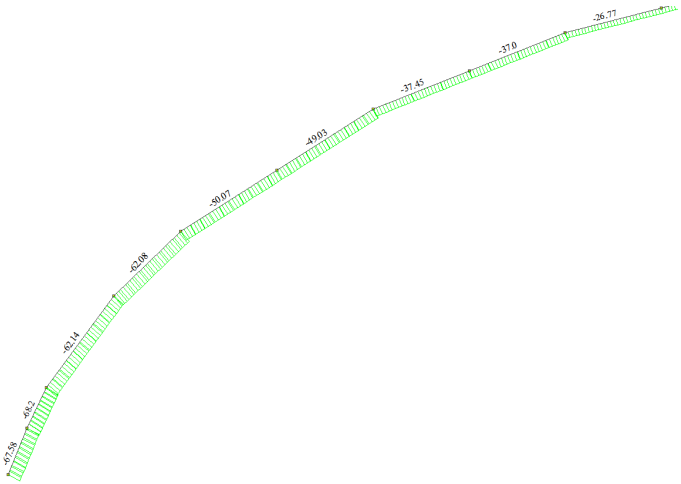


Рис. 7. Фрагмент опорной части диагонального ребра
Продольные усилия, тс.

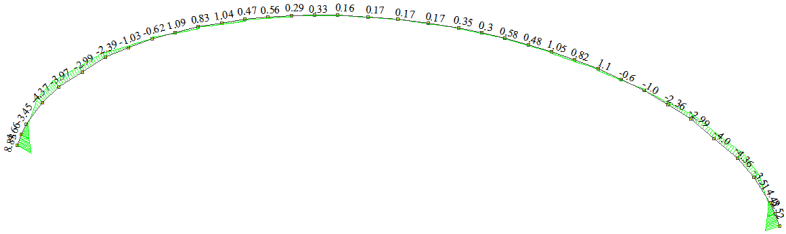


Рис. 8. Эпюра изгибающих моментов в диагональном ребре, тс·м

В результате выполнения работы мною был изучен программный комплекс SCAD++ (лиц.№800908099), проанализированы особенности расчета методикой членения свода на элементарные арки. В результате моделирования и расчета конструкций в комплексе SCAD++ (лиц.№800908099) получено их напряженно-деформированное состояние, проверены прочность и устойчивость элементов свода.

На основе анализа сделаны следующие выводы:

Обеспечена прочность и устойчивость кирпичного свода. Напряжения в сжатой части кирпичной кладки меньше требуемого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».
2. *Бессонов Г.Б.* «Исследование деформаций, расчет несущей способности и конструктивное укрепление древних распорных систем. М.: Всесоюзное специализированное реставрационное производственное объединение "Союзреставрация", 1989. 171 с.
3. СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции».
4. *Бедов А.И.*. Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций: Учебное пособие / А.И. Бедов, А.И. Габитов. М.: Изд-во АСВ, 2008. 568 с.
5. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. М.: Стройиздат, 1984. 38 с.

УДК 624.15: 620.193

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНЫХ СРЕД

А.В. Соловьев, А.Л. Балушкин

Научный руководитель – А.Л. Балушкин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Описывается процесс расчета фундаментной плиты в программном комплексе SCAD++. Расчет основан на подборе стальной арматуры А400 и композитной полимерной арматуры. Производится анализ применяемой арматуры в условиях агрессивной среды.

Ключевые слова: *фундаментная плита, стальная арматура, композитная полимерная арматура , агрессивная среда.*

FEATURES OF DESIGNING PLATE FOUNDATIONS IN THE CONDITIONS OF AGGRESSIVE MEDIA

A.V. Solovyev, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor - A.L. Balushkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The process of calculating of the foundation plate in the program complex SCAD++ is described. The calculation is based on the selection of steel reinforcement A400 and composite polymer reinforcement. The analysis of the applied reinforcement in the conditions of aggressive environment is carried out.

Keywords: *foundation plate, iron fittings, composite polymer reinforcement, aggressive media.*

В настоящее время основным материалом для строительства зданий и сооружений является железобетон. Широкую область его применения предопределили высокая прочность и долговечность сооружений из железобетона, сравнительная простота работ и его универсальность – возможность придавать изделиям и конструкциям практически любую форму.

Считается, что бетонные и железобетонные конструкции имеют неограниченную долговечность, обусловленную увеличивающейся во времени прочностью бетона конструкции, а следовательно, и долговечностью.

Однако, при кажущейся простоте приготовления бетон – очень сложный материал, свойства которого формируются под воздействием многих технологических факторов не только в процессе твердения, но и в зависимости от эксплуатационных условий: воздействия влаги, перепадов температур и агрессивных сред.

Опыт эксплуатации и данные обследований показывают, что из-за меняющихся условий эксплуатации и нарушения технологических процессов железобетонные конструкции, запроектированные без учета требований долговечности, могут прийти в аварийное состояние в течение 5—10 лет и ранее. Известны примеры, когда железобетонные конструкции разрушались через 10 лет, а иногда через 3 года.

Проблема борьбы с коррозией железобетонных конструкций под воздействием агрессивных сред в последнее время приобретает особую актуальность.

При проектировании конструкции необходимо учитывать состав агрессивной среды, условия службы конструкции, правильно выбрать материалы и назначить плотность бетона, чтобы обеспечить заданную долговечность конструкции.

Долговечность конструкции определяется стойкостью как бетона, так и арматуры при воздействии на них агрессивной среды.

СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85» устанавливает следующую классификацию:

Арматурные стали по степени подверженности коррозионному повреждению подразделяются на группы I –III [1]:

- группа I - арматура для конструкций без предварительного напряжения горячекатаная и термомеханически упрочненная[1];

- группа III - композитная полимерная арматура[1].

Из этой классификации следует вывод, что композитная полимерная арматура по отношению к горячекатаной арматуре (А400) по своим физико-механическим особенностям материал более стойкий к коррозионному повреждению.

СП 295.1325800.2017 «Конструкции бетонные, армированные полимерной арматурой. Правила проектирования». Композитную полимерную арматуру рекомендуется применять для армирования фундаментов эксплуатируемых в условиях воздействия агрессивных сред [2].

Таблица 1. Расчетное сопротивление растяжению композитной арматуры, МПА, по проекту СП [2]

Условия эксплуатации	Действие нагрузки	АСК	АБК	АУК	ААК	АКК
Во внутренних помещениях	Кратковременные	427	480	933	840	600
	Длительные	128	192	560	336	240
На открытом воздухе и в грунте	Кратковременные	373	427	933	747	533
	Длительные	112	171	560	299	213

Целью данной работы является: произвести расчет в программном комплексе SCAD++ фундаментной плиты проектируемой в условиях агрессивной среды, армированной в первом случае арматурой класса А400, во втором - композитной полимерной арматурой (АСК-стеклопластиковой, АБК-базалтопластиковой). Проанализировать результаты подобранных сечений. Выполнить экономическое сравнение применяемой арматуры.

Расчет на требуемую площадь сечения полимерной композитной арматуры в фундаментной плите выполнен ручным способом по результатам расчета нормальных сечений на действие изгибающих моментов Мх и Му.

В данной работе рассматривается монолитная фундаментная плита 5-этажного здания. Габаритный размеры плиты 20х20м, общей площадью 400 м^2. Расчетная модель представлена в виде пластинчатых элементов. В качестве материала фундамента выбран тяжелый бетон В25. Толщина принята 0,8 м.

Вычисление коэффициента постели выполнено с использованием программы SCAD++, модуль КРОСС. Среднее значение коэффициента постели равно С1=551 Т/м^3.

Нагрузка от здания на фундаментную плиту передается через монолитные стены подвала, смещенные вовнутрь контура на 1 м от периметра фундаментной плиты, и колонны с сеткой 6х6 м (рис. 1).

На фундаментную плиту действуют следующие нагрузки:

Собственные вес плиты 2Т/м^2;

Нагрузка от стен, расположенных по периметру плиты 7,5 Т/м^2;

Нагрузка от колонн 100 Т.

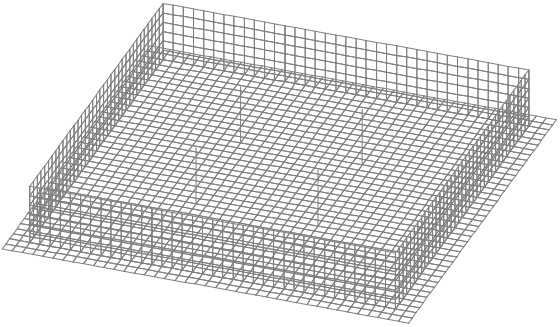


Рис. 1. Модель фундаментной плиты

В ходе расчета были получены изгибающие моменты Mx и My (рис. 2), экстремумы которых равны M_{max}=7,245 Т·м/м (71073,4 Н·м/м), Mmin= -11,217 Т·м/м (-110038,7 Н·м/м).

По результатам автоматизированного подбора выбрана арматура диаметром d8/100 мм (As=5,03 см^2) и d10/100 мм (As=7,85 см^2) (рис. 3).

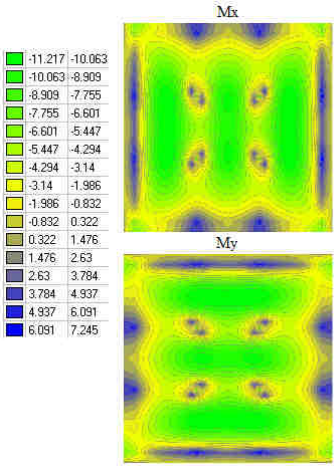


Рис. 2. Поля напряжений Mx и My (Т·м/м)

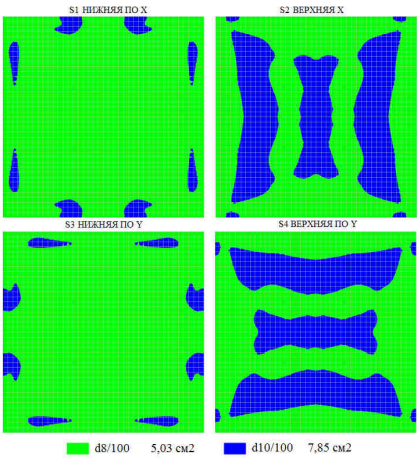


Рис. 3. Подбор арматуры А400

Подбор продольной арматуры АСК и АБК производился следующим образом: полученные поля напряжений были экспортированы в виде

сводной таблицы в программу MicrosoftExcel, для каждой пластины определены значения:

$$\alpha_m = \frac{M_{x(y)}}{R_b \cdot b \cdot h_0^2}, \quad (1)$$

где $M_{x(y)}$ –изгибающие моменты Н·м/м;

R_b – расчетное сопротивление бетона МПа,$R_b = 14{,}5$ МПА;

b – ширина сечения, $b = 100$ см;

h_0- рабочая высота сечения, $h_0 = 76$ см.

Площадь сечения растянутой арматуры определена по формуле, см^2:

$$A_f = \frac{R_b \cdot b \cdot h_0^2(1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m})}{R_f} \quad (2)$$

где R_f – расчетное сопротивление композитной арматуры МПа.

Полученные результаты по подбору арматуры АСК и АБК отображены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование	Вид арматуры		
	А400	АСК	АБК
Норм сопротивление раст. $R_{s,n}$, МПа	400	800	800
Расчетный сопротивление раст. R_s, МПа	350	112	171
Расчетная площадь сечения арматуры, см^2	5,03 7,85	15,71 24,53	10,35 16,16
Подобранная арматура, мм	d8/100 d10/100	d14/100 d18/100	d14/100 d16/100
Расход арматуры, м.п.	11420 4580		
Вес, кг/м.п.	0,395 0,617	0,260 0,474	0,260 0,360
Вес, кг	4 510,9 2 825,86	2 969,2 2 170,92	2 969,2 1 648,8
Цена, руб/1000 кг	31 915	162 384 198 459	180 076 184 722
Расход арм. на 1 м^2, руб.	585,38	2282,5	2098,1
Итого, руб.	234 152	912 989	839 251

Результаты расчетов фундаментной плиты показали:

1) Расчетное сопротивление композитной арматуры растяжению в 2-3 раза меньше, чем у стальной арматуры класса А400. Это объясняется

тем, что расчетное сопротивление растяжению по первой группе предельных состояний, согласно проекту СП[2], определяются с учетом коэффициента надежности по материалу (1,2; 1,5), а также коэффициента, учитывающего условия эксплуатации(0,7…0,9), и коэффициента, учитывающего продолжительность действия нагрузки (0,3; 0,4);

2) Ввиду низкого расчетного сопротивления растяжению требуются арматурные стрежни с большим диаметром, чем у арматуры класса А400;

3) Вес применяемых композитных стержней незначительно легче стальных в данной конструкции;

4) Стоимость арматуры А400 в 4-4,5 раза дешевле композитной арматуры;

5) Возможное удорожание стальной арматуры. В виду того, что А400 относится в I группе по степени подверженности коррозионному повреждению, согласно проекту СП [1], допускается применение ненапрягаемой горячекатанной арматуры, выдерживающей испытания на стойкость против коррозионного растрескивания в течение не менее 40 ч, или с защитным антикоррозионным покрытием приналичие экспериментального подтверждения коррозионной стойкости. К стоимости стальной арматуры не учтен пункт расходов на защитное покрытие стержней конструкции;

6) Композитная арматура слабо подвержена к коррозионному повреждению (III группа);

7) Возможность устройства каркаса из композитной полимерной арматуры без перехлестов на всю длину конструкции, благодаря возможности приобретения арматуры в бухтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.
2. СП 295.1325800.2017 Свод правил. Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования.
3. Свод правил СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 29 декабря 2011 г. N 635/8).
4. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2002. 500 с.

УДК 69.059.35

СПЕЦИФИКА ИНЖЕНЕРНЫХ ВОПРОСОВ РЕСТАВРАЦИИ КУЛЬТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГОРОДА ВОЛОГДЫ

О.П. Башмакова, А.Л. Балушкин

Научный руководитель – А.Л. Балушкин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

О сохранности церкви, как исторического памятника каменного зодчества XVIII века. Воссоздание утраченных объемно-планировочных построений путем использования щадящих технологий на основе тщательного исследования конструктивных элементов.

***Ключевые слова**: культовые сооружения, реставрация, обследование здания, конструктивные решения.*

SPECIFICITY OF ENGINEERING ISSUES OF RESTORATION OF CULTURAL CONSTRUCTIONS HISTORICAL PIECES OF VOLOGDA CITY

O.P. Bashmakova, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor – A.L. Balushkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical Universit

On the preservation of the church as a historical monument of stone architecture of the XVIII century.Reconstruction of lost space-planning constructions by using sparing technologies on the basis of careful research of structural elements.

***Keywords:** religious buildings, restoration, building inspection, constructive solutions.*

Историко-культурное наследие Вологодской области представляет собой неповторимые духовные и материальные ценности, созданные в прошлом и являющиеся частью общероссийского культурного наследия.

По различным оценкам, техническое состояние памятников истории и культуры характеризуется как неудовлетворительное, для боль-

шей их части необходимо принятие срочных мер по спасению от повреждения разрушения и уничтожения. К числу таких памятников относится церковь во имя Казанской иконы Божией Матери на Торгу в центральной части города Вологды.

Своеобразный памятник построен в духе традиционного зодчества XVIII века. По своему объемно-планировочному построению здание церкви представляет собой вытянутое с востока на запад одноэтажное сооружение. Все помещения симметричны относительно продольной оси.

Церковь состоит из храма с равной по ширине полукруглой апсидой и примыкающих с запада квадратной в плане трапезной и папертью [2]. Двухсветный четверик храма несколько возвышается над объемами трапезной и апсиды. Декор фасада храма более чем прост. На углах объемов поставлены широкие пилястры. Все стены завершены карнизами из лекального кирпича. Над пилястрами карниз. На западном фасаде строго по оси расположен перспективный портал с килевидным архивольтом.

Конструктивный тип объекта – с продольными и поперечными несущими кирпичными стенами. Здание переменной высоты, сложной в плане формы.

В 2017 году было проведено обследование здания церкви с целью оценки технического состояния и надежности конструкций [1].

В ходе исследования установлено:

- Фундаменты всех частей обследуемой церкви ленточные бутовые на естественном основании. Состояние фундаментов – ограниченно работоспособное [4].
- Кирпичный цоколь находится в зоне попеременного увлажнения и высыхания, замораживания и оттаивания, намокает от грунтовой влаги и от стока с крыш.
- Стены церкви выложены керамическим кирпичом на известковом растворе, сильно деформированы неравномерными осадками основания и имеют осадочные трещины. Толщина стен переменна: от 0,64 м в паперти до 1,4 м в четверике.
- Конструкции потолочных перекрытий всех помещений здания церкви выполнены из глиняного кирпича в виде сводов, традиционных для архитектуры XVIII века. Перекрытие алтаря и трапезной выложено коробовым сводом с распалубками у дверных проемов, каменное перекрытие четверика выполнено сомкнутым четырехлотковым сводом, создающим распоры вдоль и поперек церкви. На кирпичной кладке сводов имеются трещины и следы намокания от протечек кровли. Над всеми каменными перекрытиями отсутствует пароизоляция, теплоизоляция и ветроизоляция. Техническое состояние сводов – ограниченно работоспособное [4].

• Внутри церкви отслоение и отпадение штукатурки стен, карнизов и перемычек, ослабление кирпичной кладки, выпадение отдельных кирпичей.

• В 2014 году произведены работы по восстановлению первого восьмигранного яруса колокольни.

Разработанным мною проектом предлагаются архитектурно-конструктивные решения, отдельным важным аспектом которых является инженерная реставрация церкви с воссозданием утраченной трехъярусной шатровой колокольни, сохранением ее подлинности и разработкой конструктивных решений переноса нагрузок от вновь возводимого объема (рис. 1).

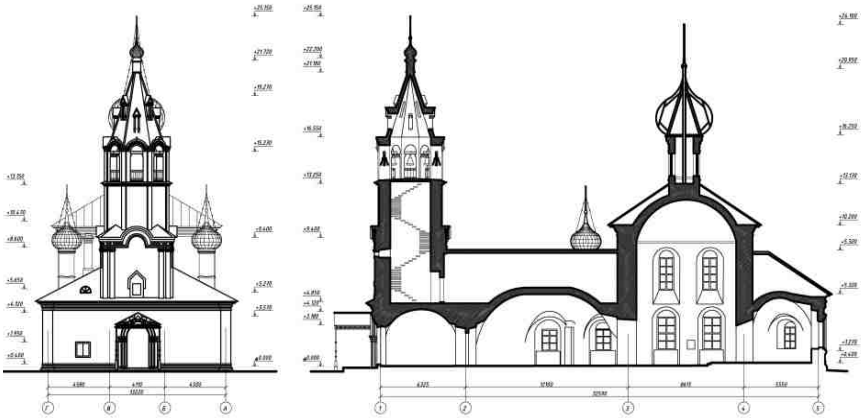


Рис. 1. Архитектурно-конструктивное решение по воссозданию утраченного объема колокольни

При реставрации памятника требуется применение щадящих технологий и подбор строительных материалов аналогичных по физико-механическому составу с историческими. Для кирпичной кладки колокольни предполагается использование адаптированного глиняного кирпича на известково-песчаном растворе [3].

В процессе работ предусматриваются мероприятия, исключающие в дальнейшем какие-либо повреждения и разрушения здания. Усиление фундаментов и стен паперти для воссоздания высотной доминанты храма - колокольни, а также комплексные мероприятия по восстановлению внутреннего убранства и первоначального архитектурного облика церкви.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 55567-2013. Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования.
2. СП 31-103-99. Здания, сооружения и комплексы православных храмов.
3. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции.
4. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.

УДК 624.29

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ ПО НОРМАМ РФ И ЕВРОКОДУ

К.С. Жуковская

Научный руководитель – А.Л. Балушкин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведено сравнение методов расчета плит перекрытий на продавливание по СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» и Eurocode 2 EN 1992-1-1-2009 «Проектирование железобетонных конструкций. Общие правила и правила для зданий».

Ключевые слова: *анализ, расчет, плита перекрытия, продавливание.*

COMPARISON OF METHODS FOR CALCULATING SLABS FOR PUNCHING ACCORDING TO THE MORMS OF THE RUSSIAN FEDERATION AND THE EUROCODE

K.S. Zhukovskaya

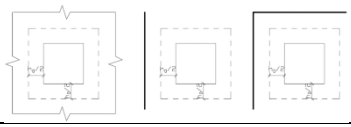
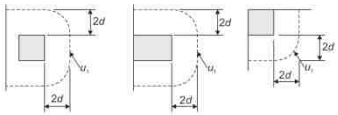
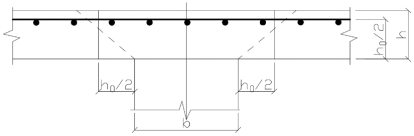
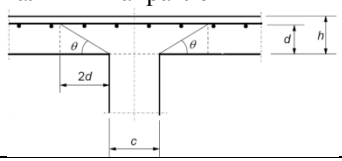
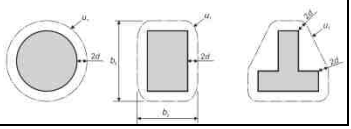
Scientific Supervisor – A.L. Balushkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

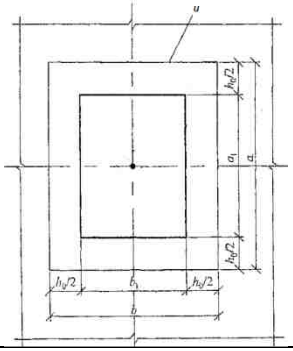
Yaroslavl State Technical University

Comparison of methods for calculating slabs for punching on SP 63.13330.2012 "Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions "and Eurocode 2 EN 1992-1-1-2009" Design of reinforced concrete structures. General rules and rules for buildings."

Keywords*: analysis, calculation, slab, punching.*

В настоящее время в России набирает обороты монолитное строительство жилых и административных зданий. В современном строительстве актуально использование монолитного безбалочного перекрытия опирающегося в большинстве случаев на точечные колонны. В данной статье проведено сравнение в табличной форме, методов расчета плит перекрытий на продавливание без учета армирования и действия изгибающих моментов, по СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» и Eurocode 2 EN 1992-1-1-2009 «Проектирование железобетонных конструкций. Общие правила и правила для зданий».

СП 63.13330.2012	**Eurocode 2 EN 1992-1-1-2009**
1. Расчетное поперечное сечение, расположенное вокруг зоны передачи усилий на элемент на расстоянии	
$h_0/2$, где h_0 – приведенная рабочая высота сечения 	2,0d, где d – полезная высота сечения 
2. Приведенная рабочая (полезная) высота сечения	
$h_0 = \frac{h_{0x} + h_{0y}}{2}$, где h_{0x} и h_{0y}– рабочая высота сечения для продольной арматуры, расположенной в направлении осей X и Y 	$d_{eff} = \frac{d_y + d_z}{2}$, где d_y и d_z – полезная высота для арматуры в двух ортогональных направлениях 
3. Периметр контура расчетного поперечного сечения (контрольный периметр), определяемый	
$u = 2 \cdot (a + b + 2 \cdot h_0)$	$u_i = 2 \cdot (b + a) + \pi \cdot 2 \cdot 1{,}5 \cdot d$ 

<table>
<tr><td> 
</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">4. Расчет на продавливание при действии сосредоточенной силы</td></tr>
<tr><td>$$F \leq F_{b,ult},$$
где F – сосредоточенная сила от внешней нагрузки;
$F_{b,ult}$– предельное усилие, воспринимаемое бетоном
$$F_{b,ult} = R_{bt} \cdot A_b$$
где A_b – площадь расчетного поперечного сечения, определяемая $A_b = u \cdot h_0$;
R_{bt} – расчетное сопротивление бетона осевому растяжению</td><td>$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c},$$
где v_{Ed}– расчетное значение поперечного усилия;
$v_{Rd,c}$ – расчетное значение сопротивления продавливанию плиты без поперечной арматуры
$$v_{Rd,c} = \frac{0{,}18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0{,}1 \cdot \sigma_{cp} \leq 0{,}035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} + 0{,}1 \cdot \sigma_{cp},$$
где $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2{,}0$ (*масштабный фактор*),
$\rho_1 = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \leq 0{,}02$ - усредненный коэффициент продольного армирования;
f_{ck} – характерная прочность бетона на сжатие;
$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cy} + \sigma_{cz}}{2}$$
здесь σ_{cy}, σ_{cz} – нормальные напряжения в бетоне в направлениях y и z в критиче-</td></tr>
</table>

	ском сечении $\sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}}$ и $\sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$ N_{Edy}, N_{Edz} – продольные усилия, которые действуют для внутренние опоры во всей зоне в пределах площади рассматриваемого круглого сечения, и продольные усилия, которые действуют для угловых колонн в площади рассматриваемого круглого сечения; A_c – площадь бетона согласно определению N_{Ed}
Пример расчета плиты перекрытия на продавливание в месте опирания на внутреннюю колонну	
Толщина плиты 220 мм, пролеты оставляют 6 м в обе стороны. Сечение колонны 300х300 мм. Расчетная поперечная сила, полученная в результате расчета плиты, при расчетной нагрузке 9 кН/м^2 составляет 400 кН. При расчете арматуры на изгиб средний коэффициент армирования составил 0,0077. Характеристическая прочность бетона 30 Н/мм^2.	
$h_0 = \frac{205 + 195}{2} = 200\,мм$	$d = \frac{205 + 195}{2} = 200\,мм$
$u = 2 \cdot (300 + 300 + 2 \cdot 200) = 2000\,мм$	$u_i = 2 \cdot (300 + 300) + 3{,}14 \cdot 2 \cdot 1{,}5 \cdot 200 = 3084\,мм$
$A_b = 2000 \cdot 200 = 400000\,мм^2$ $F_{b,ult} = 0{,}00175 \cdot 400000 = 700\,кН$ $F = 400\,кН \leq F_{b,ult} = 700\,кН$ Следовательно, поперечная арматура не требуется.	$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{200}} = 2 \leq 2{,}0$ $\sigma_{cy} = \sigma_{cz} = \frac{400 \cdot 1000}{3084 \cdot 200} = 0{,}65\,Н/мм^2$ $\sigma_{cp} = \frac{0{,}65 + 0{,}65}{2} = 0{,}65\,Н/мм^2$

	$v_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,0077 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,1 \cdot 0,65 = 0,34 \frac{Н}{мм^2} \leq 0,035 \cdot 2^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} + 0,1 \cdot 0,65 = 0,61 \frac{Н}{мм^2}$ Следовательно, поперечная арматура не требуется.

Вывод: коэффициент запаса в расчете по СП 63.13330.2012 равен $k = \frac{F}{F_{b,ult}} = \frac{400}{700} = 0,57$, а коэффициент запаса по Eurocode 2 EN 1992-1-1-2009 равен $k = \frac{v_{Ed}}{v_{Rd,c}} = \frac{0,34}{0,61} = 0,56$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», 2011. 152 с.
2. Eurocode 2 EN 1992-1-1-2009 «Проектирование железобетонных конструкций. Общие правила и правила для зданий».
3. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 2: Проектирование железобетонных конструкций: руководство для проектировщиков к EN 1992-1-1 и EN 1992-1-2. Еврокод 2: Проектирование железобетонных конструкций. Общие правила и правила для зданий. Противопожарное проектирование строительных конструкций / Э.В. Биби, Р.С. Нараянан; ред. серии Х. Гульванесян; М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит.ун-т»; науч. ред. пер. В.О. Алмазов, А.И. Плотников. 2-е изд. Москва: МГСУ, 2013. 292 с.

УДК 692.522

КОНСТРУКЦИИ ПОСТНАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

А.В. Летавина, А.Л. Балушкин

Научный руководитель – А.Л. Балушкин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается постнапряженное железобетонное перекрытие. Представлена конструкция арматурного элемента с канатной арматурой. Показана конфигурация расположения напряженной арматуры. Показан способ передачи усилия на бетон.

Ключевые слова: *постнапряжение, сцепление с бетоном, усилия натяжения, анкерное устройство.*

CONSTRUCTION OF POST-TENSIONAL REINFORCED CONCRETE FLOORING

A.V. Letavina, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor – A.L. Balushkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

We consider post-tensional reinforced concrete flooring. We imagine the design of the reinforcing element with cable reinforcement. We show configuration of the arrangement of stressed reinforcement. We show a method of transferring force to concrete.

Keywords: *post-tension, adhesion to concrete, tension forces, anchoring device.*

На сегодняшний момент при возведении зданий и сооружений широко используются монолитные железобетонные конструкции.

Использование напряженного состояния в конструкции позволяет увеличить трещиностойкость, снизить деформативность, уменьшить расход стали.

Преднапряженные железобетонные конструкции делятся на два вида по типу изготовления в зависимости от способа натяжения арматуры:

- на упоры;
- на бетон.

Способ натяжения на упоры производится на стендах в заводских условиях. Предварительно арматурные элементы растягивают, затем в форму укладывается бетонная смесь. После набора прочности бетона, арматуру отпускают. Создается эффект обжатия бетона.

Основными преимуществами монолитных предварительно напряженных перекрытий перед обычными монолитными перекрытиями с ненапрягаемой арматурой являются:

- увеличенные пролеты;
- плиты перекрытий сниженной толщины;
- облегченная конструктивная система здания вследствие сниженного собственного веса конструкций перекрытий;
- повышенная трещиностойкость и жесткость с соответствующим снижением прогибов;
- пониженная высота этажа;
- значительная экономия обычной ненапрягаемой арматуры;
- более высокая скорость строительства.

Технология натяжения арматуры на бетон имеет две особенности:

- со сцеплением с бетоном;
- без сцепления с бетоном.

На данный момент технология со сцеплением арматуры с бетоном показала себя как наиболее эффективная при возведении мостовых пролетов и массивных балочных конструкций. Данную технологию сложно контролировать, так как от качества инъецирования бетонной смеси зависит надежность конструкции. Система без сцепления арматуры с бетоном наиболее эффективна при возведении конструкций сравнительно небольшого сечения-плит перекрытий пролетом l=6-12 м, толщиной 180-280 мм.

Технология изготовления таких перекрытий.

В случае применения систем без сцепления с бетоном в тело конструкции на стадии производства опалубочных работ и армирования укладываются специальные пластиковые трубки, для того чтобы арматура имела возможность свободного перемещения в бетоне. Все пространство между трубкой и канатом заполнено антикоррозионным составом, который способствует уменьшению сил трения при натяжении каната (рис. 1). Затем происходит бетонирование, набор требуемой прочности и механическое натяжения канатов.

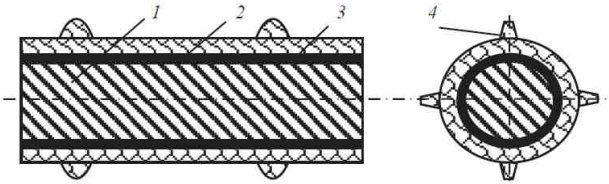


Рис. 1. Конструкция арматурного элемента с канатной арматурой в защитной оболочке: 1-канат; 2-антикоррозионная смазка; 3-полиэтиленовая оболочка; 4-выступы.

Передача усилий на бетон осуществляется при помощи устанавливаемых на концы напрягаемых элементов анкерных устройств. Захват каната на анкере осуществляется при помощи клинового цанкового захвата. Вариант анкера представлен на рис. 2.

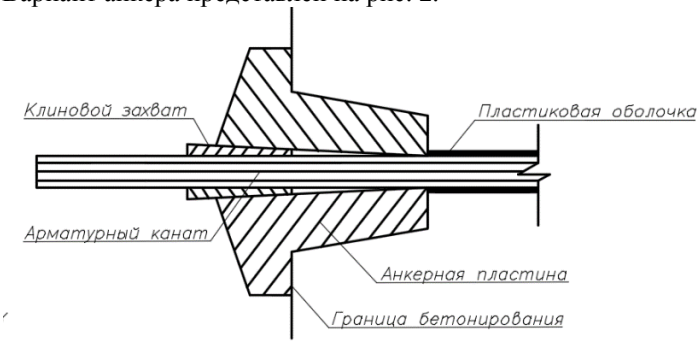


Рис. 2. Принципиальная схема анкерного устройства

Канат в конструкции раскладывается между верхней и нижней сеткой арматуры в соответствии с формой эпюры изгибающих моментов (линией главных растягивающих напряжений).

После набора бетоном проектной передаточной прочности производится натяжение каната при помощи гидравлического домкрата. В зависимости от типа раскладки каната возникающие при натяжении усилия вызывают напряжения обжатия бетона и, при криволинейности раскладки канатной арматуры, разгружающие усилия по длине пролета (рис 3).

Следует отметить 2 разновидности расположения напряженной арматуры в плитах перекрытия:

- вдоль осей продольного и поперечного направления;
- диагональное расположение напряженной арматуры.

Предложенная конфигурация диагонального расположения напрягаемой арматуры (рис. 3) обладает следующими достоинствами:

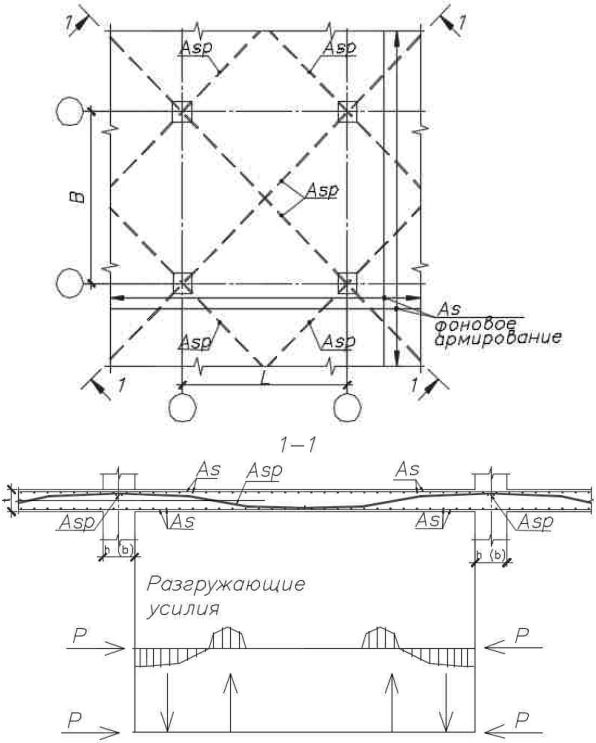
- при диагональном расположении канатов наибольшее их количество (процент армирования) сосредоточено в нижней зоне в центре ячейки, где плита имеет максимальные прогибы и нормальные трещины;

- в приопорных зонах напряженная арматура переводится в верхнюю часть сечения, где она способствует уменьшению раскрытия нормальных трещин;

- незначительное количество напрягаемой арматуры в количестве 10…20 % от общей потребности арматуры в сечении, из расчета прочности, существенно уменьшает прогибы и ширину раскрытия трещин;

- обжатие бетона плиты в зоне колонн благоприятно влияет на прочность перекрытия на продавливание, так как прочность бетона в условиях трехосного сжатия повышается.

а)



б)

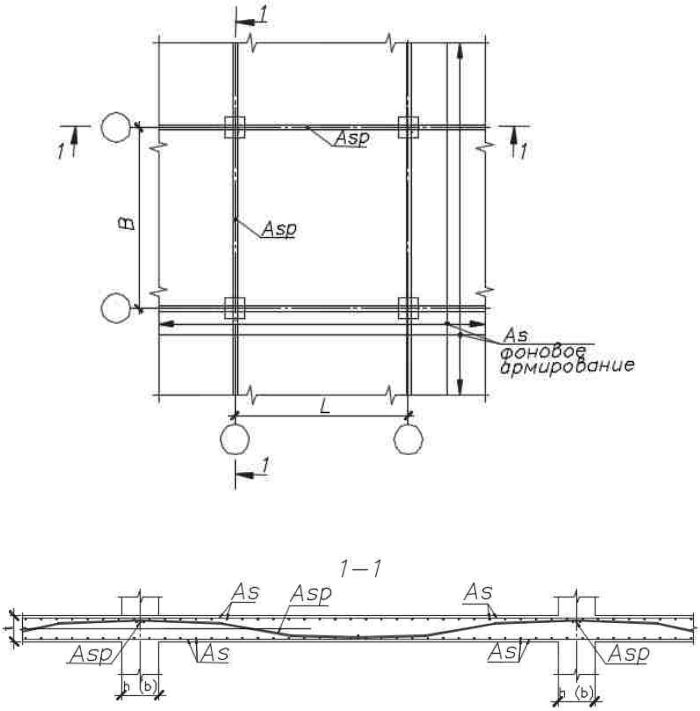


Рис. 3. Разновидности расположения напряженной арматуры в плитах перекрытия: а) диагональное; б) вдоль осей продольного и поперечного направления

Разновидности расположения напряженной арматуры определяются в зависимости от объекта строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63-13330-2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция. 2013 г.
2.Общие принципы использования преднапряжения в монолитных конструкциях // КРАСНАЯ ЛИНИЯ: журнал современных строительных технологий.
3. Тихонов Н. И. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий. Пособие по проектированию. М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2007.

УДК 69.07

ВЛИЯНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ СОПРЯЖЕНИЙ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ НЕСУЩЕГО КАРКАСА

Д.С. Ергина, А.Л. Балушкин

Научный руководитель – А.Л. Балушкин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье рассматривается влияние учета податливости стыков ригеля с колонной при моделировании расчетной схемы сборных железобетонных каркасов.

Ключевые слова: *сборные железобетонные конструкции, податливость, упругие шарниры*

INFLUENCE OF THE PLIABILITY OF THE CONNECTIVITY OF CONCRETE REINFORCED ELEMENTS ON THE DISTRIBUTION OF EFFORTS IN THE ELEMENTS OF THE CARRIER

D.S. Ergina, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor - A.L. Balushkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

YaroslavlStateTechnicalUniversity

This article examines the impact of the pliabilityof the connectivityof beam with column in the simulation of the design scheme ofreinforced concrete frames.

Keywords: *reinforced concrete structures, pliability, elastic joints.*

Большинство каркасов зданий гражданского и промышленного назначения выполняются с использованием сборных железобетонных конструкций. Чтобы не допустить появления серьезных дефектов в процессе возведения и эксплуатации таких зданий, расчеты необходимо основывать на реальных расчетных схемах.

Узлы в расчетных схемах при практических расчетах остаются двух типов - либо абсолютно жесткими, либо шарнирными. Однако в рабочем состоянии большинство узлов работает по промежуточной схеме. Несмотря на высокое содержание металла и замоноличивание бетоном, их жесткость меньше жесткости аналогичных монолитных и, тем более, абсолютно жестких узлов.

Таким образом, в расчетных схемах сборных железобетонных рам все узлы, способные воспринимать существенную долю изгибающих моментов, следует принимать податливыми. Под податливостью стыка подразумевается повышенная деформативность соединения на малом, по отношению к высоте сечения, участке длины стыка по сравнению с деформативностью стыкуемых элементов. По физической сути податливость соединения равна смещению, вызванному единичной силой при сжатии-растяжении, сдвиге или повороте [1].

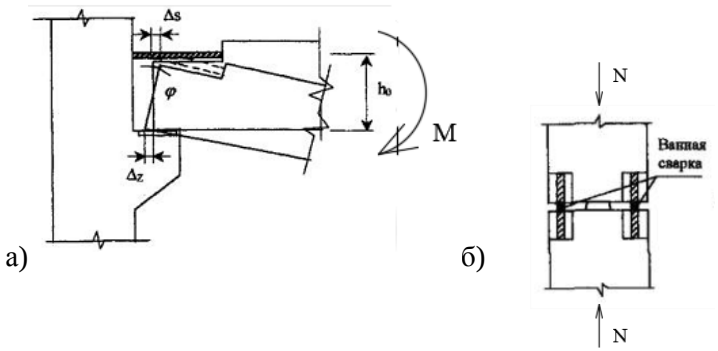


Рис. 1: а) Схема к определению предельного угла поворота ригеля относительно колонны: Δs - предельные удлинения по растянутой арматуре; Δz - предельные деформации сдвига закладных деталей
б) стык колонн по высоте

Податливость обусловлена некоторым обмятием бетона в узле, деформацией арматуры, закладных и монтажных деталей и сварных швов, неточностью монтажа, концентрацией напряжений в различных точках узла и многими другими факторами.

В расчетах конструкций при определении податливости рекомендуется использовать так называемый коэффициент жесткости стыка, который определяется как тангенс угла наклона секущей к кривой на диаграмме усилие - перемещение для стыка.

Различают линейную, угловую и сдвиговую податливость. Линейная податливость ($1/C_x$,$1/C_y$,$1/C_z$) обусловлена деформациями растяжения-сжатия и характеризуется зависимостью «N - δ». Сдвиговая податливость ($1/C_\gamma$) вызвана деформациями сдвига при действии поперечной силы и характеризуется зависимостью «Q - γ». Угловая податливость ($1/C_\varphi$) обусловлена деформациями поворота при действии изгибающего или крутящего момента - зависимость «M - φ».

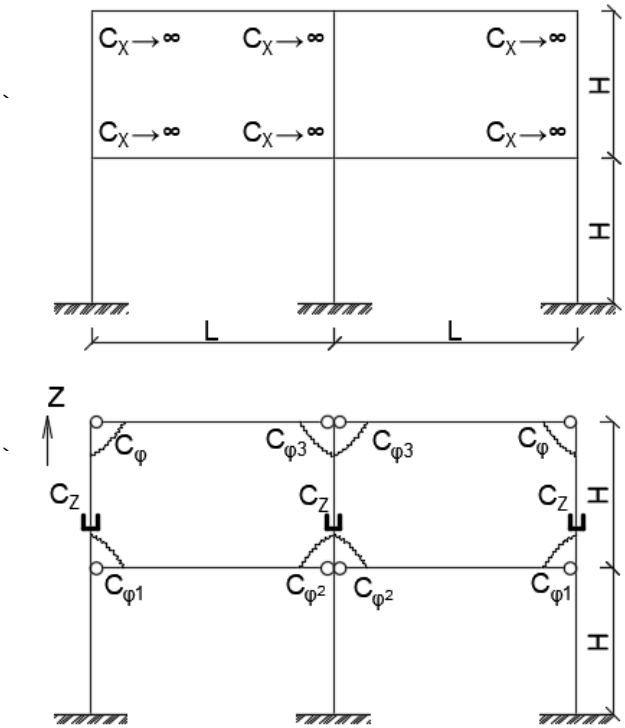


Рис. 2. Варианты расчетных схем:
а - с жесткими узлами; б - с упругоподатливыми узлами

(δ, γ и φ - продольная деформация, угол сдвига и угол поворота в сечении стыка; C_x, C_γ и C_φ - коэффициенты линейной, сдвиговой и угловой жесткости (усилия, вызывающие единичные деформации)).

Усилия в элементах рамных каркасов изменяются за счет изменения соотношения жесткостей элементов рамы в процессе нагружения. Жесткость рамного сопряжения в процессе увеличения изгибающего мо-

мента снижается за счет проявления неупругих деформаций в растянутой арматуре, в бетоне и закладных деталях сжатой зоны опорного сечения.

Экспериментальные исследования показывают, что переменная податливость сопряжений приводит к значительному (до 40%) перераспределению усилий [2, 3].

Поэтому рекомендуется жесткие узлы в расчетных схемах моделировать упругоподатливыми, изображая их как шарнирные, но с упругими элементами между примыкающими стержнями. Каждому такому упругому элементу, присваивая свой коэффициент жесткости С. Эти соединения - упругие шарниры.

Практическая значимость расчета каркасов сборных железобетонных зданий с учетом податливости узлов соединения отдельных элементов заключается в сокращении площади армирования конструкций и как следствие в экономии затрат на их изготовление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Трекин Н.Н.* Рекомендации по расчету каркасов многоэтажных зданий с учетом податливости узловых сопряжений сборных железобетонных конструкций. ОАО «ЦНИИПромзданий», 2002. 39 с.

2. *Лемыш Л.Л.* Границы перераспределения усилий при расчете по прочности рамных железобетонных каркасов многоэтажных зданий / Л.Л. Лемыш, Г.Д. Лагутичева // В сб. Конструкции многоэтажных производственных зданий. М.: ЦНИИпромзданий, 1988.

3. О влиянии податливости рамных узлов на работу железобетонных каркасов при больших горизонтальных нагрузках / Г.А. Шапиро, В.Ф. Захаров и др. // В сб. Работа конструкций жилых зданий из крупноразмерных элементов. 1979. Вып. 4. С. 4-26.

4. *Байков В.Н.* Железобетонные конструкции. Общий курс. Учебник для вузов / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1991.

УДК 691

СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ СОБСТВЕННОГО ВЕСА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

А.И. Рожнова, А.Л. Балушкин

Научный руководитель – А.Л. Балушкин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены способы уменьшения собственного веса монолитных железобетонных безбалочных перекрытий с помощью новых технологий.

Ключевые слова: *вкладыши, бетон, железобетонные перекрытия, новые технологии.*

WAYS TO REDUCE SELF-WEIGHT OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE BEAMLESS SLABS

A.I. Rozhnova, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor – A.L. Balushkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article describes the ways to reduce the weight of monolithic reinforced concrete unbalanced floors with the help of new technologies.

Keywords: *inserts, concrete, reinforced concrete floors, new technologies.*

В соответствии с требованиями СП 52-103-2007 Железобетонные монолитные конструкции зданий рекомендуется уменьшать массу плит перекрытий, т.к. толщина плиты перекрытия 200 мм, $\rho = 2500$ кг/м^3, $\gamma_f = 1{,}1$. Собственный вес плиты перекрытия составляет 5,5 кН/м^2. Нагрузка на перекрытия от перегородок и конструкции пола составляет 1,0 кН/м^2. Соответственно $g_{\text{перекр}}$ составит 6,5 кН/м^2. В соответствии с п.7.8 СП 52-103-2007 для снижения массы перекрытий рекомендуется приме-

нять легкие бетоны, пустотелые вкладыши или вкладыши в виде плит и блоков из особо легких бетонов.

В связи с этим уместно применение технологий Cobiax и Bubble-Deck. Уже более 15 лет модули из пустотелых конструкций применяются во многих странах, где значение придается строительству экономичных, легких и экологичных зданий. Идея их применения: пустотообразователи из вторичного, переработанного пластика заменяют массивный бетон внутри монолитного железобетонного перекрытия.

На рис. 1 представлены вкладыши технологии Cobiax.

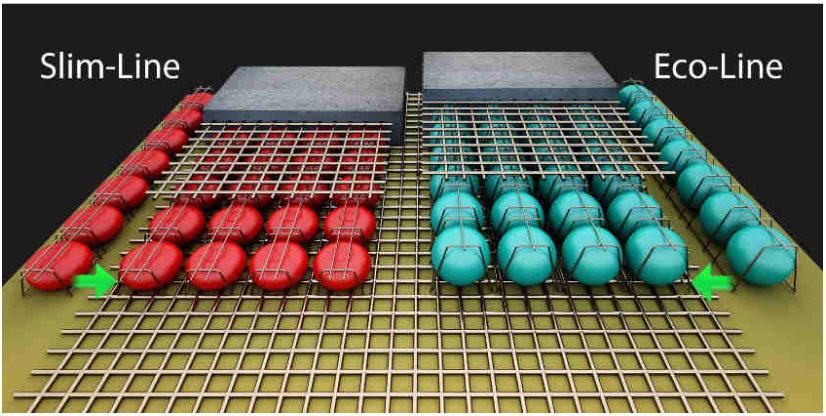


Рис. 1. Вкладыши технологии Cobiax

Модули системы Cobiax существуют в двух исполнениях: Eco-Line и Slim-Line. В системе Eco-Line используются шарообразные пустотелые конструкции, которые подходят для перекрытий толщиной от 30 см до более чем 60 см. В то же время, плоские пустотообразователи Slim-Line идеально подходят для перекрытий толщиной до 35 см.

Технология Cobiax для устройства облегчённых железобетонных перекрытий применяет технологический арматурный модуль для пространственной фиксации пустотообразователей в теле плиты в проектном положении и предотвращения изменения этого положения в ходе бетонирования. В арматурном каркасе располагают пустотообразователи, изготовленные из вторичного полипропилена. Арматурные модули, в основном, предназначены для использования в монолитных железобетонных перекрытиях.

Технология Bubble Deck представлена на рис. 2.

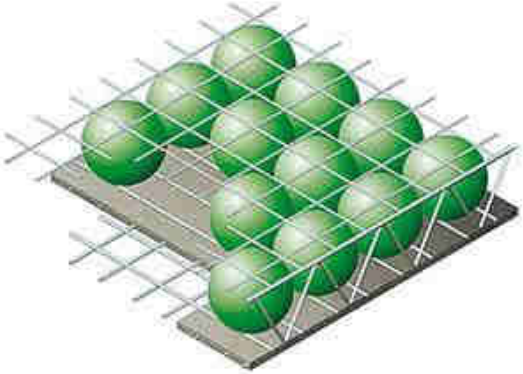


Рис. 2. Вкладыши технологии Bubble Deck

Система BubbleDeck основана на запатентованной технологии интеграции-прямом способе соединения воздуха и стали. Приспосабливая геометрию шара и сетки, получается оптимизированная бетонная конструкция с одновременной максимальной полезностью как моментальных, так и сдвиговых зон. Конструкция буквально создает себя в результате геометрии двух хорошо известных компонентов: арматуры и полых пластиковых шариков. Когда верхняя и нижняя арматура связаны обычным способом, эволюционирует геометрический и статический стабильный блок BubbleDeck. Арматура охватывает и фиксирует шары в точном положении, в то время как шарики формируют объем воздуха, контролируют уровень арматуры и в то же время стабилизируют пространственную решетку.

Анализ технико-экономических показателей технологий BubbleDeck и Cobiax.

Таблица 1. Технико-экономические показатели конструкций перекрытия по технологии Cobiax и Bubble Deck

	Bubble Deck	Cobiax
Кол-во вкладышей на 1 $м^2$, шт.	30	8,8
Объем вкладышей $м^3/м^2$	0,091	0,093
Приведенная толщина перекрытия, см	20,64	20,7
Процентное отношение заявленной и приведенной толщины перекрытия, %	31,2	27,2

Исходя из данных таблицы можно сделать вывод, что технологии BubbleDeck и Cobiax имеют схожие показатели, соответственно возможно применение и одной, и другой технологии.

Применение данных систем позволяет экономить ценные строительные материалы и энергию, а также приводит:

- к снижению веса плит и ,как следствие, возможности увеличению пролётов плит и шага вертикальных конструкций без дополнительных мероприятий;
- уменьшению расхода бетона, необходимого для изготовления плит;
- возможности применения более эффективных конструкционных схем междуэтажных перекрытий (безбалочные плиты, шатровые оболочки и т.д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Минрегион России 2011.
2.СП 52-103-2007 Железобетонные монолитные конструкции зданий. Минрегион России 2007.
3.СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.

УДК 624

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

И.А. Майер, Н.М. Отекин, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – Г.Н. Голубь, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В процессе анализа рассмотрены водозащитные мероприятия подземных частей зданий и сооружений от действия поверхностных и подземных вод. Раскрыты принципы работы гидроизоляции, восстановительные работы.

Ключевые слова: *Защита фундамента, подземные воды, гидроизоляция, водозащитные мероприятия, восстановительные работы.*

ANALYSIS OF METHODS OF WATERPROOFING OF UNDERGROUND PARTS OF BUILDINGS AND STRUCTURES

I.A. Mayer, N.M. Otekin, G.N. Golub'

Scientific Supervisor – G.N. Golub', Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

In the process of analysis, waterproofing measures of underground parts of buildings and structures from the action of surface and groundwater are considered. The principles of operation of waterproofing, restoration work are revealed.

Keywords: *foundation protection, groundwater, waterproofing, waterproofing measures, restoration works.*

Гидроизоляция подземных частей зданий и сооружений от воздействия подземных вод направленана обеспечение увеличения срока службы строительных конструкций. В настоящее время появляются новые запатентованные способы гидроизоляции призванные быть более экономичнее и долговечными.

Один из способов гидроизоляции включает укладку на грунтовое основание выравнивающегося слоя, формирования гидроизоляционной мембраны, формирования защитного бетонного слоя, с последующим бетонированием фундамента. Гидроизоляционную мембрану выполняют путем укладывания сплошными рядами протяженных рукавных элемен-

тов из полимерных тканей с нахлестом друг на друга и скрепляя их между собой или в несколько слоев под углом друг к другу. Выпуски рукавов размещают за пределами фундамента. После бетонирования фундамента и ограждающих элементов подземной части здания или сооружения через выпуски в полость рукавных элементов инъецируют гидроизоляционную смесь для образования водонепроницаемого слоя. В данный способ состоит в упрощении технологии возведения подземной части здания или сооружения, повышении надежности защиты от грунтовых вод, как горизонтальных, так и вертикальных элементов фундамента, снижении трудоемкости и обеспечении возможности ремонта гидроизоляционной мембраны в период возведения и эксплуатации здания, сооружения.

Также известны составы проникающего действия, применяемые для нанесения на подвергающиеся воздействия поверхности бетона. Технический результат – повышение влагонепроницаемости, и морозостойкости.

Защиты заглубленных зданий и сооружений от подпорного подтопления грунтовыми водами с заменой грунта. Суть данного способа заключается в том, чтоформируют распределительную песчаную подушку, удаляют сильносжимаемые пылевато-глинистые грунты под всейподземной частью зданий и сооружений. При устройстве подземных частей возводимых зданий и сооружений на природных склонах в пылевато-глинистых грунтах с высоким уровнем грунтовых вод, выше нижней границы расчетной сжимаемой толщи грунтового основания, разрабатывают котлован с глубины нижней границы сжимаемой толщи, соответствующей уровню нижней грани распределительной песчаной подушки додневной поверхности, откосы которого соответствуют положению плоскостей нижнихбоковых граней проектируемой распределительной песчаной подушки, которую формируют фильтрационной и проектируют в контуре эпюр равных вертикальных и горизонтальных напряжений, соответствующих напряжению природного грунта в нижней части сжимаемой толщи. Высоту подушки принимают равной расчетнойглубине сжимаемой толщи грунта, а ширину верхней и нижней граней подушки выполняют равными, при этом она превышает ширину подошвы фундамента с обеих сторон навеличину, которую находят графически проведением плоскостей, касательных к эпюреравных горизонтальных напряжений под углом к вертикали, равным углу внутреннего трения материала подушки, до пересечения сплоскостью уровня подошвы фундамента. Положение боковых граней подушки определяют проведением из крайних точекверхней и нижней граней подушки плоскостей,касательных к эпюрам равных вертикальных и горизонтальных напряжений до пересечения их друг с другом, при этом угол наклона касательной плоскости к эпюре равных вертикальных напряжений принимают равным углу естественно-

го откоса природного грунта. Затем формируют нижнее тело подушки в объеме откосов котлована и верхнее тело подушки в объеме верхних боковых граней подушки, после чего выполняют обратную засыпку пазух между верхним телом подушки и откосами котлована природным грунтом по послойной технологии, далее возводят подземную часть зданий и сооружений.Технический результат данного способа обеспечивает сохранение природных гидрологических условий для исключения опасного подпорного подтопления грунтовыми водами подземныхчастей зданий и сооружений, уменьшения объема грунтовых работ по разработкекотлована.

Известен также способ защиты заглубленных зданий исооружений от подпорного подтопления грунтовыми водами с формированием под всем сооружениемраспределительно-фильтрационной песчаной подушки. Ее снабжают нагнетательно-промывочной системой, с помощью которойтело подушки очищают от глинистых частицестественной кольматации промывкойгрунтовой водой, имеющей суффозионнуюскорость фильтрации, которую создаютнагнетанием сжатого воздуха под подошвуподземной части сооружения. В результате обеспечиваетсясохранение защитных свойств распределительно-фильтрационной песчаной подушки отподпорного подтопления подземной части зданий и сооружений на весь период их эксплуатации, обеспечениисохранения природных гидрологическихусловий территории застройки.

Выбор, расчет и проектирование гидрозащитных способов и конструкций зданий и сооружений должны выполняться с учетом инженерно-геологических, гидрогеологических и экологических изысканий территории, класса ответственности и конструктивных особенностей здания, состояния окружающих сооружений, экологических норм и требований. При проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений невыполнениеусловий по обеспечению долговечности подвергает конструкции воздействиям неблагоприятных факторов окружающей среды, приводит к разрушению до истечения срока их нормативного времени работы. В большинстве случаев специалисты, производящие проведение и контроль работ, несмотря на многообразие способов и материалов, пренебрегают действующими правилами с целью уменьшения затрат при возведении подземных частей зданий, вследствие и стоимости самого объекта.

В случае отказа от восстановительных работ, действие вод на подземную часть приводит к авариям, связанным с деформациями оснований и фундаментов, а затем и разрушению строительных конструкций.

Восстановительные работы по устранению протечек производят способом,включающим бурение шпуров и инъектирование в нихупрочняющего гидроизоляционного состава.Упрочняющий гидроизоляцион-

ный составинъектируют в предварительно пробуренныешпуры посредством раздельной подачи всмесительный штуцер под давлением цементноводной суспензии ижидкого стекла. Данный способупрощает технологию устранения протечек воды вдефектной гидроизолируемой зоне подземныхсооружений. В ряде случаев до возведения здания создают усовершенствованную ячеистую водонепроницаемую мембрану с разделением поверхности на полости, вследствие чего сокращается до минимума распространение полостей по барьерному слою и размер областей, в которые затекла вода, что обеспечивает простоту локализации поврежденных мест.

Существующие решения по устройству и восстановлению гидроизоляции зданий и сооружений имеют как положительные стороны, так и ряд недостатков. Таким образом при многообразии методов остается актуальной разработка технологичных, надежных и долговечных гидроизоляционных способов и конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сорочан Е.А.* Справочник проектировщика / Е.А. Сорочан, Ю.Г. Трофименкова. Интеграл, 2007. 480 с.
2. *Мангушев Р.А.* Геотехника Санкт-Петербурга: Монография / Р.А. Мангушев, А.И. Осокин. М.: Изд-во АСВ, 2010. 264 с.
3. Патент Россия № RU 2 516 828 C2, опубл. 27.11.2012. Бюл. № 33
4. Патент Россия № RU 2 424 401 C1, опубл. 20.07.2011. Бюл. № 20
5. Патент Россия № RU 2 473 745 C1, опубл. 27.01.2013. Бюл. № 3
6. Патент Россия № RU 2 475 597 C1, опубл. 20.02.2013. Бюл. № 5
7. Патент Россия № RU 2 385 385 C1, опубл. 27.03.2010. Бюл. № 9
8. Патент Россия № RU 2 325 370 C1, опубл. 27.05.2008. Бюл. № 15
9. Патент Россия № RU 2 333 321 C1, опубл. 10.09.2008. Бюл. № 25
10. Патент WO 201 414 7012 A1, опубл. 27.01.2016.

УДК 69.07

ОЦЕНКА РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАТФОРМЕННОГО СТЫКА СТЕНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ

А.А. Хаснулина, А.Л. Балушкин, Д.С. Дехтерев

Научный руководитель – А.Л. Балушкин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье выполнен анализ нормативной и справочной литературы по проектированию платформенных стыков стеновых элементов панельных зданий, предложены расчетные параметры для разработки программы численных исследований соединений с использованием возможностей вычислительного комплекса «ANSYS».

Ключевые слова: *крупнопанельные здания, платформенный стык, сопротивление сжатию, призменная прочность, кубиковая прочность раствора*

ESTIMATION OF CALCULATED PARAMETERS OF THE PLATFORM LINE OF WALL ELEMENTS OF PANEL BUILDINGS FOR NUMERICAL RESEARCHES OF THE FINITE-ELEMENT MODEL

A.A. Hasnulina, A.L. Balushkin, D.S. Dekhterev

Scientific Supervisor – A.L. Balushkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

The article analyzes the normative and reference literature on the design of platform joints of wall elements of panel buildings and suggests the design parameters for developing a program of numerical studies of connections using the capabilities of the ANSYS computer complex.

Keywords: *large-panel buildings, platform joint, resistance to compression, prismatic strength, cubic strength.*

Несмотря на увеличение объёмов возведения зданий с использованием технологии монолитного домостроения, крупнопанельное строительство всё ещё остаётся одним из основных направлений, гарантирую-

щих возможность решения проблемы обеспечения граждан жильём в максимально короткие сроки.

Прочность и устойчивость крупнопанельных зданий определяется, главным образом, прочностью и деформативностью узлов сопряжения несущих панелей. Вследствие этого, накладывается особая ответственность на проектирование панельных стыков и на их качественное выполнение в построечных условиях.

В последние двадцать лет исследованием горизонтальных стыков крупнопанельных зданий занимались Шапиро Г.И. [1], Колчунов В.И. [2], Никитин Г.П. [3], Тамразян А.Г. [4-7], Дехтерев Д.С. [4-7], Карпов А.Е. [4], Ласковенко А.Г. [4] и другие. Тем не менее, в существующих исследованиях не уделялось достаточного внимания наиболее простому и распространённому решению соединения панелей – платформенным стыкам.

Анализ нормативной литературы по проектированию панельных стыков, а также результатов их исследований, указывает на необходимость совершенствования методики расчета платформенного соединения. Наиболее перспективной моделью исследования является конечноэлементная модель, созданная в программном комплексе ANSYS 18.2.

Методики расчета платформенных стыков, рассматриваемые в [8] и [9] используют один и тот же подход, основанный на оценке прочности материалов его сопротивлением сжатию с учетом разгружающего влияния близлежащей не загруженной части площади элемента. В расчете прочности стыка по данным методикам учитываются только вертикальные усилия (одноосное сжатие).

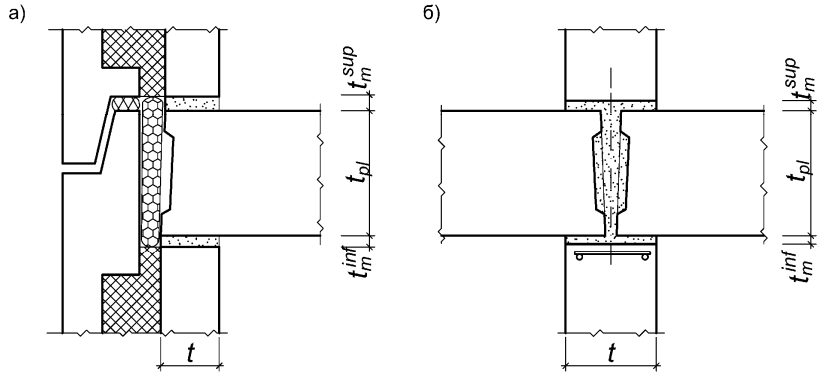


Рис. 1. Платформенный стык панельных зданий:
а) наружных стен при одностороннем опирании перекрытия;
б) внутренних стен при двухстороннем опирании

Прочность горизонтального платформенного стыка (рис. 1) при сжатии проверяется по формуле:

$$N_j \leq R_c t d_j$$

где

N_j - продольная сжимающая сила, действующая в уровне рассчитываемого опорного сечения стены;

t - толщина стены (для трехслойных стен с гибкими связями – толщина внутреннего несущего слоя);

d_j - расчетная ширина простенка в зоне стыка.

R_c - приведенное сопротивление сжатию горизонтального стыка, определяемое по формуле:

$$R_c = R_{bw} \eta_m \eta_j$$

где

R_{bw} – расчетное значение сопротивления бетона стены при сжатии, принимаемое в соответствии с [9] с учетом особенностей работы бетона в конструкции (характер нагрузки, способ изготовления стеновой панели, условия окружающей среды и пр.). Для стыков стеновых панелей, усиленных в зоне стыка поперечными сварными каркасами или сетками, вместо расчетного значения сопротивления бетона R_{bw} рассчитывается приведенное сопротивление R_{bw}^{red}, которое будет зависеть от площади сечения одного поперечного стержня горизонтального каркаса (сетки), расстояния между крайними продольными стержнями каркаса, шага поперечных стержней по длине стены, шага каркасов по высоте стены и толщины стены.

η_m - коэффициент, учитывающий влияние горизонтальных растворных швов. На значение данного коэффициента оказывают влияние: расчетная величина толщины горизонтального растворного шва, расчетная ширина растворного шва (размер по толщине стены), расчетное значение возможных смещений в стыке сборной плиты перекрытия относительно проектного положения, кубиковая прочность раствора горизонтального шва R_m и класс по прочности на сжатие бетона сборного элемента стены.

η_j - коэффициент, учитывающий конструктивный тип стыка, неравномерность распределения сжимающей нагрузки между опорными площадками стыка и эксцентриситет продольной силы относительно центра стыка.

Для платформенного стыка коэффициент η_j будет учитывать суммарный размер по толщине стены платформенных площадок, через которые в стыке передается сжимающая нагрузка, возможное суммарное смещение в платформенном стыке плит перекрытий относительно их

проектного положения, неравномерность загружения платформенных площадок, соотношение расчетных прочностей при сжатии бетона стены R_{bw} и бетона опорных участков плит перекрытий R_{bp}.

Рассмотрев актуальную методику расчёта несущей способности платформенных стыков, можно сделать следующий вывод: предложенные зависимости определяют несущую способность платформенных стыков крупнопанельных зданий как функцию большого числа факторов, зависящих как от физико-механических и геометрических параметров, входящих в узел конструктивных элементов (прочность материала элементов, внутренние эксцентриситеты и др.), так и от реальных условий работы и действительного расположения этих элементов в конструктивном узле (толщина и качество укладки растворных швов, геометрические эксцентриситеты расположения стеновых панелей, величина площадки опирания плит перекрытия на стены, армирование опорных зон элементов стыка и раствора шва и др.).

Из их числа для разработки программы численных исследований выбраны факторы, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Расчетные факторы, оказывающие наибольшее влияние на сопротивление платформенного стыка разрушению

№ п/п	Наименование фактора	Обозначение
1	Прочность при сжатии бетона стеновых элементов	R_{bw}
2	Прочность при сжатии бетона опорных участков перекрытий (МПа)	R_{bp}
3	Кубиковая прочность раствора шва, МПа	R_m
5	Толщина растворного шва мм	t_m
6	Толщина стены (глубина опирания панелей перекрытия)	b_j

Вывод. Несущая способность горизонтальных стыков зависит от большого числа расчетных параметров. При проектировании новых зданий повышенной этажности увеличение несущей способности горизонтальных стыков зачастую достигается путем повышения класса бетона конструктивных элементов или введения косвенного армирования, что не всегда рационально. Исследование конечноэлементной модели стыка с вариацией расчетных параметров позволит оптимизировать стыковое соединение, разработать рекомендации по применению различных вариантов сочетаний параметров для разнонагруженных стыковых соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шапиро Г.И.* Расчет прочности платформенных стыков панельных зданий [Текст] / Г.И.Шапиро, А.Г. Шапиро // Пром. и гражд. стр-во. 2008. №1. С. 55-57.

2. *Колчунов В.И.* Прочность железобетонных платформенных стыков жилых зданий с перекрестно-стеновой системой [Текст] / В.И. Колчунов, Е.В. Осовских, С.И. Фомичев // Жилищное стр-во. 2009. № 12. С 12-16.

3. *Никитин Г.П.* Прочность горизонтальных стыков бетонных конструкций зданий и сооружений [Текст]: дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: 05.23.01 / Г.П. Никитин. Казань., 2007. 173 с.

4. Определение расчетных параметров для оценки надежности платформенных стыков панельных зданий / А.Г. Тамразян, А.Е. Карпов, Д.С. Дехтерев, А.Г. Ласковенко. // В сб. Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия: сборник докладов Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры железобетонных и каменных конструкций и 100-летию со дня рождения Н.Н. Попова (19–20 апреля 2016 г., Москва) /под ред. А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит.ун-т. Москва: НИУ МГСУ, 2016. С.413-416.

5. *Тамразян А.Г.* Оценка влияния конструкционных параметров на надежность платформенного стыка панельных зданий по методу статистического моделирования / А.Г. Тамразян, Д.С. Дехтерев // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 20-25.

6. *Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С.* Исследование надежности горизонтального монолитного стыка сборных стеновых элементов панельных зданий методом статистического моделирования / А.Г. Тамразян, Д.С. Дехтерев // Инновации и инвестиции. 2017. № 11. С. 170-174.

7. *Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С.* Анализ вероятности отказа горизонтального контактного стыка сборных стеновых элементов панельных зданий с использованием метода статистического моделирования / А.Г. Тамразян, Д.С. Дехтерев // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. Материалы международных академических чтений / редкол.: С.И.Меркулов (отв. ред.) [и др.]; Курск. гос. ун-т. Курск, 2017. С. 145-152.

8. Пособие по проектированию жилых зданий. Вып. 3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85) [Текст] / ЦНИИЭП жилища Госкомархитектуры. М.: Стройиздат, 1989.

9. Свод правил (Проект). Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования. 2-ая редакция. НИИЖБ им. А.А.Гвоздева при участии ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (институты АО «НИЦ «Строительство») и МНИИТЭП. М., 2016.

УДК 624

ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ОТ МОСТОВОГО КРАНА, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТАЛЬНОГО КАРКАСА

Н.М. Отекин, И.А. Майер, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – Г.Н. Голубь, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены основные виды и влияние динамических нагрузок от мостовых кранов при проектировании стального каркаса промышленного здания

Ключевые слова: *динамические нагрузки, мостовой кран, стальной каркас.*

DYNAMIC LOADS FROM THE BRIDGE CRANE, TAKEN INTO ACCOUNT IN THE DESIGN OF THE STEEL FRAME

N.M. Otekin, I.A. Maier, G.N. Golub'

Scientific Supervisor – G.N. Golub', Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The main types and effects of dynamic loads from bridge cranes in the design of steel frame of an industrial building are considered

Keywords: *dynamic load, bridge crane, steel frame.*

Динамика зданий и сооружений как наука появилась в 1920-1930 годах, её зарождение вызвано в связи с условиями строительства, большим воздействием динамических нагрузок на каркас здания: с развитием машиностроением, прирост мощности двигателей оборудования и т.д. Несмотря на это, развитие динамики уступало теоритической базе — теории частот колебаний и данными, получаемых при динамических испытаниях.

Применявшийся в это время метод учёта влияния динамической нагрузки – применение в статическом расчёте сооружения динамического коэффициента нагрузки, был недостаточно совершенным, он не учи-

тывал динамические характеристики сооружений и нагрузок. Динамика сооружений стала стремительно развиваться, основываясь на экспериментальные результаты и теорию российских ученых.

В 1950-1960 годах, впервые в практике были представлены рекомендации по динамическому расчёту сооружений, показывающие достаточно хорошее развитие динамики в СССР. В это время получили развитие новые ветки в динамике: динамический расчёт конструкций с нелинейными упругими или диссипативными характеристиками.

Динамическая нагрузка – нагрузка, характеризующаяся быстрым изменением во времени её значения, направления или точки приложения и вызывающая в элементах конструкции значительные силы инерции.

Крановые нагрузки являются динамическими, так как могут сопровождаться рывками и ударами при перемещении крана, тележки, при подъеме и опускании груза. Динамические воздействия колес крана учитываются при расчете подкрановых балок, а при расчете поперечной рамы, крановые нагрузки учитываются как статические, различают:

1. Вертикальные нагрузки, передающиеся через колеса кранов на балки кранового пути.

Нормативные значения нагрузок и необходимых для расчета данных, нужно применять в соответствии с требованиями ГОСТов на краны, а для нестандартных кранов - в соответствии с данными, которые указываются в паспортах изготовителей.

Эти нагрузки при расчете прочности и устойчивости балок, нужно применять не более чем от двух самых неблагоприятных по влиянию мостовых кранов, а при расчете каркасов, фундаментов, а также оснований зданий с мостовыми кранами на одном или нескольких путях следует принимать на каждом пути не более чем от двух наиболее неблагоприятных по влиянию кранов.

При таком расчете крановых путей, рам, колонн расчетные значения вертикальных нагрузок от крана нужно умножать на коэффициент динамичности, а при вычислении прогибов, проверки на выносливость подкрановых балок и смещении от оси колонн коэффициент динамичности не учитывается.

Если в расчет принимаем местное и динамическое влияние сосредоточенной вертикальной нагрузки от одного колеса крана, то полное нормативное значение следует умножать при расчете прочности балок крановых путей на дополнительный коэффициент.

2. Горизонтальны нагрузки, которые направлены вдоль кранового пути.

Нормативное значение этого усилия, действующего вдоль кранового пути и вызываемого торможением крана, нужно учитывать как 0,1

от нормативного значения вертикальной нагрузки на тормозные колеса рассматриваемой стороны крана, если данных нет, то следует учитывать, что тормозными являются половина колес мостового крана.

3. Горизонтальные нагрузки, направленные поперек кранового пути и вызываемой торможением электрической тележки.

Эту нагрузку нужно учесть при выполнении расчета поперечных рам сооружений и балок крановых путей. При этом принимается, что нагрузка передается только на одну из двух балок кранового пути, распределяется одинаково между всеми опирающимися на балку колесами крана и ее действие может быть направлено наружу, а также и во внутрь рассматриваемого пролета.

4. Горизонтальная нагрузка, направленная поперек кранового пути и вызванная перекосами между колесами мостовых кранов и несоосностью крановых путей.

Эту нагрузку необходимо учитывать в зданиях, где расположены краны с тяжелыми режимами работы при расчете прочности балок и их креплений к колоннам. При этом нужно отметить, что нагрузка передается на балку кранового пути сразу от всех колес одной стороны крана, направленная как наружу, так и внутрь пролета сооружения.

5. Горизонтальная нагрузка, направленная вдоль кранового пути, вызванная ударом крана о упор.

Такую нагрузку следует принимать только при расчете упоров и их креплений к балкам кранового пути.

Воздействие горизонтальных усилий необходимо учитывать следующим образом:

-при расчете каркаса здания (колонн, рам, стропильных и подстропильных конструкций), подкрановых балок, фундаментов, нужно принимать не более чем от двух наиболее критичных по воздействию кранов, которые находятся на одном крановом пути или на разных путях, но в одном створе. При этом для каждого крана учитывается одно поперечное или продольное горизонтальное усилие.

Таким образом, можно сделать вывод, что динамические нагрузки от мостовых кранов на стальной каркас оказывают большое влияние. При проектировании балок крановых путей, на которые и действуют динамические нагрузки крана непосредственно, мы можем использовать динамические коэффициенты, которые следует принимать по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*». Для полного вывода о влиянии динамических нагрузок на стальной каркас, необходимо провести анализ работы стального каркаса здания на совместное действие крановых и ветровых нагрузок,

включая пульсационную составляющую, что и будет являться предметом дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», 2017. 95с.
2. Казак С.А.ДИНАМИКА МОСТОВЫХ КРАНОВ. 1968. 332 с.
3. Лобов Н.А.ДИНАМИКА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ.1987. 160 с.

УДК 69.04

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ «ОСНОВАНИЕ-СООРУЖЕНИЕ» НА НДС КОНСТРУКЦИЙ

Н.П. Килинкаров, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – Г.Н. Голубь, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В рамках статьи рассматриваются изменения напряженно-деформированного состояния, возникающие в конструкциях здания при совместном расчете с податливым основанием, в зависимости от жесткостных параметров элементов системы «основание-сооружение».

Ключевые слова: *совместный расчёт, жесткость основания, жесткость фундаментной плиты, НДС конструкций здания.*

STIFFENING EFFECT OF «SOIL-STRUCTURE» SYSTEMS ELEMENTS ON CONSTRUCTIONS STRAIN-STRESS STATE

N.P. Kilinkarov, G.N. Golub

Scientific Supervisor – G.N. Golub, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This paper presents the changes in stress-strain state of constructions, in case of soil-structure interaction, depending on stiffness parameters of «soil-structure» systems elements.

Keywords: *soil-structure interaction, foundation soil stiffness, foundation slab stiffness, structure stress-strain state*

Как известно, основные эффекты совместного расчета здания и податливого основания заключаются в перераспределении усилий относительно расчета на абсолютно неподатливом основании и выравнивании неравномерности осадок.

Для анализа зависимости усилий в конструкциях от соотношения жесткостей основания и здания была выполнена аналитическая модель здания. Монолитное 6-этажное железобетонное здание размерами в осях 27,8х16,3 плоские перекрытия и покрытие толщиной 220 мм, колонны

сечением 400х400 мм, шаг колонн непостоянный, стены лестничного узла толщиной 200 и 300 мм. В качестве фундамента принята плоская железобетонная фундаментная плита.

Рассматривалось изменение толщины фундаментной плиты при двух вариантах жесткости основания с модулем деформации 500 т/м^2 (I вариант) и 1700 т/м^2 (II вариант). Для исключения влияния увеличения нагрузки, собственный вес плиты не учитывается. На рис. 2 приведен график зависимости максимального изгибающего момента от толщины фундаментной плиты.

В общем случае увеличение жесткости фундаментной плиты приводит к увеличению усилий в ней, снижение податливости основания приводит к снижению напряжений.Для I варианта изменение толщины фундаментной плиты от 0.1 м до 0,6 м не приводит к изменению изгибающих моментов в плите. При изменении толщины от 0,6 м до 3 м изгибающие моменты растут пропорционально. С увеличением толщины плиты от 3 до 5 м изменение усилий сглаживается. Дальнейшее увеличение сечения не приводит к изменению максимального изгибающего момента и разности осадок. Для II варианта наблюдается схожая картина, только характерные интервалы наступают при большей жесткости плиты, таким образом при толщине плиты до 1 м усилия не увеличиваются, с 4 до 7 м изменение усилий сглаживается, и дальнейшее увеличение толщины плиты не приводит к изменению усилий в ней.

Как видно, усилия в колоннах зависят от жесткости фундаментной плиты. Изменение напряжений в разных колоннах имеет различный характер, т.к. жесткость плиты непостоянна в плане и значительно возрастает в пределах стен лестничного узла.

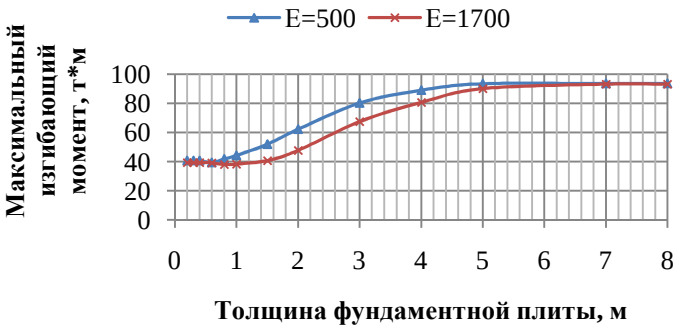


Рис. 1. График зависимости максимального изгибающего момента в фундаментной плите от толщины плиты

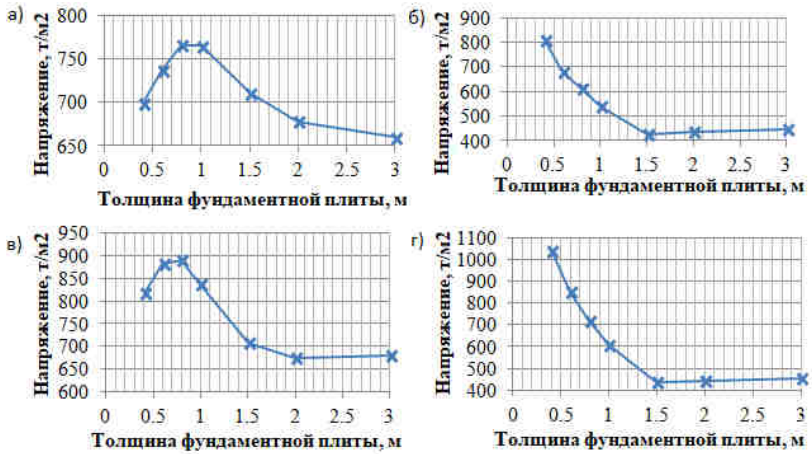


Рис. 2. График зависимости напряжений в колоннах:
а), в) – крайних I вар. и II вар. соответственно; б), г) – средних при I вар. и II вар. соответственно

На рис. 3 приведены графики изменений напряжений в характерных колоннах: самой дальней от лестничного узла и в непосредственной близости к нему. В крайней колонне, где жесткости плиты оказывает основное влияние, для I варианта, напряжения растут пропорционально до значения толщины плиты 0,6 м, в интервале 0,6-0,8 м происходит сглаживание, дальнейшее увеличение толщины плиты приводит к снижению напряжений и при достижении значения 2 м напряжения более не изменяются. Для II варианта точка перегиба, после которой снижаются напряжения, возникает при толщине плиты 1 м, в интервале от 2-3 м снижение напряжения незначительно. Сопоставляя усилия в фундаментной плите и изменение напряжений в колоннах, приходим к выводу, что напряжения снижаются при тех же значениях толщин плит, при которых увеличиваются усилия в самой плите. При меньшей жесткости плиты, усилия растут, т.к. увеличивается общая жесткость здания, и оно начинает больше выравнивать неравномерные осадки, но жесткость самой фундаментной плиты в этом диапазоне мала, и лишь при определенной толщине плита активно включается в работу по выравниванию осадок, как следствие снижению усилий в колоннах.

Для средних колонн характерно снижение напряжений на всем диапазоне изменения жесткости плиты фундамента, после значения толщины плиты 1,5 м напряжения не изменяются. При этом характер кривой не отличается для двух вариантов основания, изменяются лишь абсолют-

ные значения напряжений, что связано с большим влиянием стен на жесткость плиты в данной зоне.

СП 50-101-2004 [2] в п. 12.5.2 допускает выполнять совместный расчет только для нижних этажей здания. Был выполнен сравнительный анализ напряжений в колоннах при расчете здания на абсолютно жестком и на податливом основании в зависимости от высоты и построены графики (рис. 3).

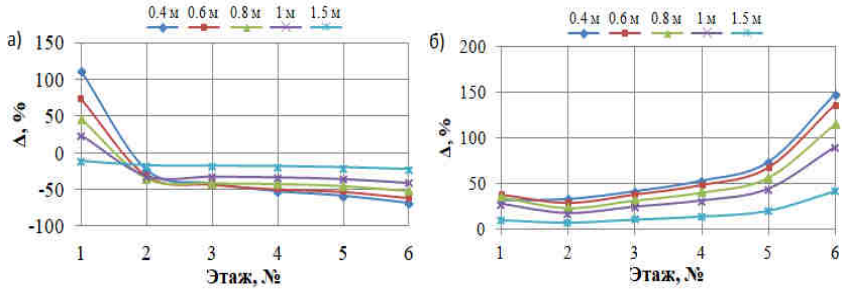


Рис. 3. Изменение напряжений в колоннах по высоте:
а) средняя колонна; б) крайняя колонна

Анализ показал, что в крайних колоннах на верхних этажах возникают максимальные дополнительные напряжения, связанные с дополнительными изгибающими моментами, вызываемыми большей осадкой средней части здания.

Выводы:

1. В общем случае увеличение жесткости здания приводит к увеличению напряжений в конструкциях;
2. Снижение податливости снования приводит к снижению напряжений в конструкциях зданий;
3. При определенных значениях толщины фундаментной плиты, в ней не возникают дополнительные усилия от совместного расчета;
4. Увеличение жесткости фундаментной плиты в общем случае приводит к увеличению напряжений в колоннах, и лишь при определенных значениях к их снижению;
5. Дополнительные напряжения при совместном расчете в некоторых колоннах достигают максимального значения на верхних этажах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».
2. СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований фундаментов зданий и сооружений».

УДК 624.154.51

УСТРОЙСТВО ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОМАССИВОВ ИЗ ЩЕБЕНОЧНЫХ СВАЙ

О.А. Вьюгина, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – Г.Н. Голубь, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье рассматривается устройство техногенных геомассивов из щебеночных свай. Приведены преимущества, виды и технология их устройства.

Ключевые слова: *фундаменты, техногенный геомассив, щебеночные сваи, слабый грунт*

DEVICE OF TECHNOGENIC GEOMASSIVES FROM CRUSHED STONE PILES

O.A. V'yugina, G.N. Golub'

Scientific Supervisor – G.N. Golub', Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article deals with the device of technogenic geomassives from crushed stone piles. The advantages, types and technology of their device are presented.

Keywords: *foundations, technogenic geomassiv, crushed stone piles, soft ground*

Использование техногенных геомассиов - одно из наиболее перспективных направлений развития фундаментостроения.

Возведение техногенных геомассивов из щебеночных свай предназначено для улучшения оснований ленточных и столбчатых фундаментов сооружений.

Конструктивно фундаменты сооружения представляют собой фундаменты (монолитные или сборные столбчатые или ленточные), которые устанавливают на техногенный геомассив из щебеночных свай.

Выделяют три вида техногенных геомассивов из щебеночных свай:

- Локальные (кустовые) – состоят из куста щебеночных свай и применяются под отдельно стоящие столбчатые фундаменты зданий и сооружений.

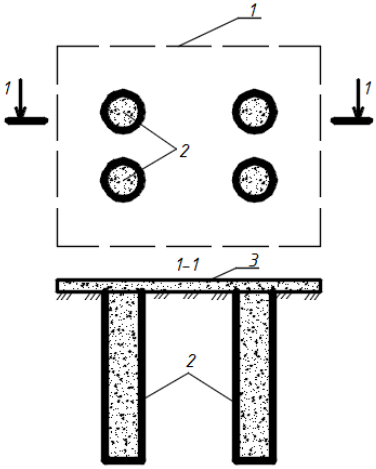


Рис. 1. Локальный (кустовой) техногенный геомассив:
1 – граница геомассива; 2 – щебеночная свая; 3 – щебеночная подушка

- Ленточные (однорядные и многорядные) – применяются под ленточные фундаменты, а также под столбчатые фундаменты при расстоянии (*L*), меньшем или равном 2,0 м между краями столбчатых фундаментов по оси сооружения.

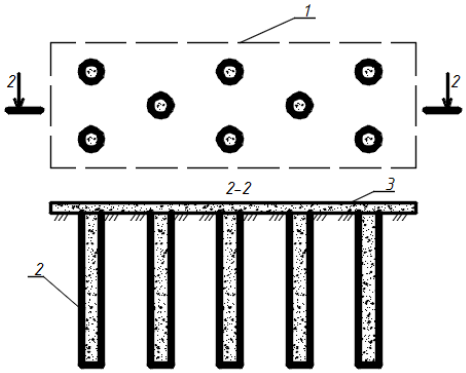


Рис. 2. Ленточный техногенный геомассив:

1 – граница геомассива; 2 – щебеночная свая; 3 – щебеночная подушка

- Сплошные – применяют под всю площадь (пятно) сооружения в особо сложных инженерно-геологических условиях с целью предварительного или промежуточного улучшения свойств слабых грунтов строительной площадки, а также при насыщенном расположении фундаментов промышленного сооружения, когда невозможно применить локальные (отдельные) или ленточные геомассивы.

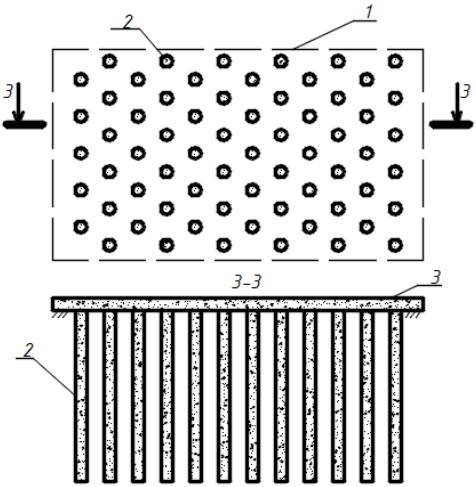


Рис. 3. Сплошной техногенный геомассив:
1 – граница геомассива; 2 – щебеночная свая; 3 – щебеночная подушка

При устройстве техногенных геомассивов отсутствует перемещение грунтовых масс, производится: глубинное уплотнения грунтов, поверхностное уплотнение и устройство подушки из щебня.

Для возведения техногенных геомассивов применяются щебеночные сваи, которые устраиваются путем засыпки щебня в скважины, образованные: вытрамбовыванием; выштамповыванием; бурением; вибрационными методами или комбинированными методами.

После возведения щебеночных свай производится отсыпка щебеночной подушки и виброуплотнение верхнего слоя техногенного геомассива и материала свай виброукатыванием.

Расчет техногенных геомассивов из щебеночных свай производится по 2 группам предельных состояний, который регламентирован [2], но с учетом улучшенных характеристик - грунтового основания - геомасси-

ва. Основным расчетом является расчет по по деформациям (II предельному состоянию).

К преимуществам данной технологии следует отнести:

– приспосабливаемость к конкретным условиям строительства;

– экономия железобетона (до 80%);

– уменьшение материалоемкости и стоимости фундаментов (до 50 %);

– уменьшение размеров подошвы фундамента за счет уплотнения основания, повышения его жесткости, прочности и уменьшения деформативности;

– возможность возведения зданий или сооружения на площадках, расположенных на слабых грунтах.

Устройство техногенных геомассивов из щебеночных свай открывает возможность использования земельных участков, имеющих низкие инженерно-геологические показатели, а также территорий, не подходящих для ведения сельского хозяйства и других видов деятельности (болота, насыпные грунты и т.п.), кроме этого, данное основание может служить заменой традиционным свайным фундаментам в условиях, где возведение таких фундаментов затруднено или требует больших экономических затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пособие к строительным нормам республики Беларусь П6-2000 к СНБ 5.01.01-99 Проектирование и устройство техногенных геомассивов из песчано-гравийных и щебеночных свай.

2. СП 22.13330.2010 ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. М., 2011. 162 с.

УДК 624.048

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТА

Е.А. Голубева, С.А. Тумаков

Научный руководитель - С.А. Тумаков, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья посвящена расчету и анализу особенностей работы фундаментной плиты на анизотропном основании.

Ключевые слова: *модель грунта, напряженно-деформированное состояние, анизотропия, осадка.*

THE RESEARCH OF THE BUIDING STRAIN-STRESS STATE INTO ACCOUNT ANISOTROPIC PROPERTIES OF SOIL

E.A Golubeva, S.A.Tumakov

Scientific Supervisor - S.A.Tumakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to the calculation and analysis of the features of work of a base plate on the anisotropic basis.

Keywords: *model of soil, the strain-stress state, anisotropy, draft.*

Актуальной проблемой современного строительства является надежное прогнозирование напряженно-деформированного состояния грунтовых оснований, позволяющее полнее использовать те возможности, которыми они обладают. Одним из важнейших вопросов исследования напряженно-деформированного состояния является вопрос об учете анизотропии грунтов в расчетах оснований [1].

Исследования в России и за рубежом показали, что грунтовые основания строительных конструкций обладают анизотропными свойствами − неоднородностью фильтрационных, деформационных, прочностных, и других свойств грунтов по разным направлениям.

Анизотропные грунты широко распространены в коре и в верхней мантии Земного шара. Примерами грунтов, обладающими анизотропией, являются ленточные глинистые отложения, лессы и лессовые грунты, торфянистые, мерзлые, солонцеватые грунты.

Практически во всех опытах, в которых исследовались грунты с анизотропными свойствами, отмечается, что причиной анизотропии является упорядоченное строение грунта, обусловленное слоистостью или преобладающей ориентацией частиц. Такое строение может быть вызвано как одиночными процессами (гравитация), так и совокупностью условий литогенеза (гравитация, цикличность осадконакопления, фильтрация, тектонические подвижки и т. д.) [2].

В качестве модели грунтов, обладающих анизотропией, принимают сплошную линейно-деформирмируемую анизотропную среду. С позиций деформируемости все многообразие анизотропных грунтов в большинстве случаев можно свести к двум моделям анизотропной сплошной среды: ортогонально-анизотропной (ортотропной), имеющей три взаимно ортогональные плоскости симметрии (9 независимых деформационных характеристик), и трансверсально-изотропной (монотропной, транстропной) при наличии в среде плоскости деформационной изотропии и ось симметрии вращения (5 характеристик). Последняя получила исключительно широкое распространение и представление грунтов этой моделью стало общепринятым и традиционным.

Исследования анизотропных свойств грунтового основания производится на примере десятиэтажного монолитного жилого дома на сплошной фундаментной плите толщиной 800 мм. Грунтовое основание сложено суглинками. Проанализируем работу и осадку фундаментной плиты на изотропном и анизотропном грунтовом основании.

По рекомендации нормативных документов анизотропность грунтового основания учитывать необходимо. Но программно-вычислительный комплекс КРОСС работает только с изотропным грунтом. Появляется необходимость в выводе зависимостей, которые учитывали бы анизотропность в программно-вычислительном комплексе.

Используем уравнения и зависимости, выведенные С.Г.Лехницким и Л.П.Портаевым, для вывода выражения осадки анизотропного грунта. Полученная формула перемещения упругого полупространства (осадки) для анизотропного грунта:

$$\omega = \frac{P}{2\pi K^{*} r}$$

где ω – перемещений поверхности трансверсально-изотропного упругого полупространства (осадка);

P – сосредоточенная нормальная сила трансверсально-изотропного упругого полупространства;

r – радиус трансверсально-изотропного упругого полупространства;

K* – обобщенный коэффициент, учитывающий коэффициенты из уравнения обобщенного закона Гука [4].

Так как программа расчета коэффициентов постели КРОСС работает исключительно с изотропным грунтом, то для расчета коэффициента постели необходимо сделать пересчет модуля деформации по формуле:

$$E_к = 2(1 - v_0^2) \cdot K^*$$

где Ек – модуль деформации, заводимый в КРОСС для анизотропного основания;

v_0 – коэффициент Пуассона, характеризующее поперечное сжатие в плоскости изотропии при растяжении в направлении нормальном к ней.

Производим расчет фундаментной плиты с заданными значениями модуля деформации для изотропного основания. Графические результаты расчёта приведены на рис. 1.

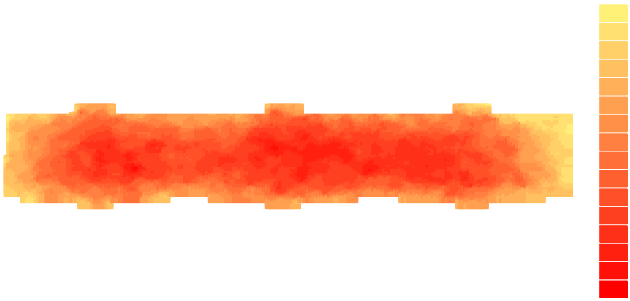


Рис. 1. Изополя осадки фундаментной плиты на изотропном основании

Пересчитываем модуль деформации, заводимый в КРОСС применительно к анизотропному грунту. Рассчитываем коэффициенты постели и получаем осадку для анизотропного грунта, указанную на рис. 2.

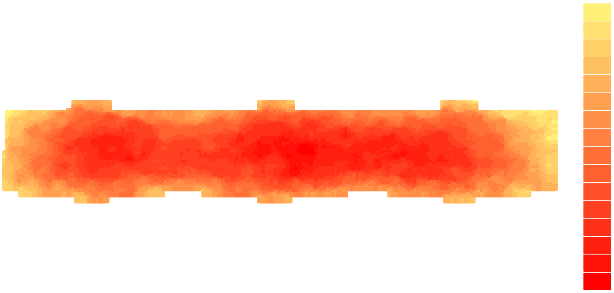


Рис. 2. Изополя осадки фундаментной плиты на анизотропном основании

Вывод: при одинаковом соотношении модулей деформации и при постоянных коэффициентах Пуассона, модули деформации, вводимые в КРОСС при изотропии и при анизотропии, отличаются в одно и то же количество раз. Тоже самое наблюдается и с осадкой фундаментной плиты. Осадка анизотропного грунтового основания больше по сравнению с осадкой при изотропных свойствах грунта. Анализ показал, что учет анизотропии грунтов в расчетах основания делать необходимо, так как это позволит повысить надежность конструкций, увеличить эксплуатационный срок службы здания, а также позволит снизить возможные появления трещин из-за неравномерных осадок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. М., 2011. 162 с.
2. *Бугров А.К.* Анизотропные грунты и основания сооружений / А.К. Бугров, А.И. Голубев. СПб.: Недра, 1993. 245 с.
3. *Лехницкий С.Г.* Теория упругости анизотропного тела. / С.Г. Лехницкий. М.: Наука, 1977. 416 с.
4. *Тумаков С.А.* Вынужденные колебания прямоугольных штампов на анизотропном упругом полупространстве / С.А. Тумаков, Л.П. Портаев; Яросл. политехн. ин-т // Депонированные научные работы: библиогр. указ. 1991. № 6. С. 1.

УДК 624.1

РЕКОНСТРУКЦИЯ ФУНДАМЕНТОВ ИСТОРИЧЕСКОГО ЗДАНИЯ ПО АДРЕСУ ВОЛЖСКАЯ НАБЕРЕЖНАЯ ДОМ 15 В ГОРОДЕ ЯРОСЛАВЛЬ

И.А. Брусницын, А.В. Давыдов, Ю.М. Придатко

Научный руководитель – Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Исследована технология применения малогабаритных прецизионных составных свай, изучена документация обследования исторического здания по адресу: г. Ярославль Волжская набережная д.15, «Бывший родильный дом».

***Ключевые слова**: технология, малогабаритные сваи, составные сваи, фундамент, демонтаж, балка, ростверк*

RECONSTRUCTION OF FOUNDATIONS OF HISTORICAL BUILDING AT ADDRESS VOLZHSKAYA NAB. 12, YAROSLAVL

I.A. Brusnitsyn, A.V. Davydov, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor - Yu. M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A technology of application of compact precision composite piles is investigated, the documentation of the examination of a historic building at: g. Yaroslavl, Volzhskaya Naberezhnaya d. 15, "the Former maternity home" is studied.

***Keywords:** technology, compact precision composite piles, foundation, disassembly, beam, grillage.*

В современных условиях развитие городов осуществляется не только по площади, но также путем увеличения высоты возводимых объектов и освоения подземного пространства. Первые два направления долгие годы доминировали, что объясняется многими причинами. В первую очередь экономической привлекательностью. Однако для исторических городов такая возможность развития весьма ограничена. И

основным, по существу единственно приемлемым, является - освоение подземного пространства. Его целесообразность определяется рядом известных факторов [1, 2].

Развитие пространства исторического города предполагает, что часть существующих зданий должна быть сохранена в неизменном виде. В основном это относится к уникальным памятникам, имеющим особое историческое и культурное значение [3]. Однако многие объекты, составляющие застройку исторической части, продолжают использоваться по своему первоначальному или новому назначению: жилые, общественные, культурно-бытовые и т.п. В связи с этим необходимо приведение их состояния в соответствие с современными объемно-планировочными, конструктивными, санитарно-гигиеническими, противопожарными, экологическими нормативами. И выполнение таких требований также во многом возможно лишь за счет использования и развития подземного пространства.

Одним из характерных объектов, представляющих собой историческое наследие, является здание № 15, расположенное на Волжской набережной в г. Ярославле. Основные характеристики его объемно-планировочного и конструктивного решения следующие. Здание в плане Г-образное, сложной формы, вписано в прямоугольник 55,8м х 38,3м, трехэтажное, с подвалом под частью здания. За относительную отметку 0.000 м принята отметка пола первого этажа. Конструктивная схема здания с несущими продольными и поперечными стенами. Существующие стены кирпичные из керамического полнотелого кирпича на цементно-песчаном растворе, толщина стен 560-720мм. Старые перекрытия по деревянным балкам демонтируются. Новые перекрытия монолитные железобетонные по металлическим балкам. Существующие фундаменты ленточные бутовые. Кровля скатная с организованным наружным водостоком.

В настоящее время объект находится в ограниченно работоспособном состоянии и подлежит реконструкции. При этом предусматривается увеличение действующих на фундамент нагрузок на 40%. Для приведения его в надлежащее состояние предлагается использовать технологию, основанную на применении составных вдавливаемых прецизионных микросвай [4, 5]. Такие сваи состоят из элементов, масса которых не превышает 90 кг. Их несущая способность по материалу составляет в основном от 300 до 650 кН. Технология позволяет не только реконструировать фундамент существующего здания, но и возвести его подземные этажи. В последующем возможно развитие подземной инфраструктуры прилегающей территории. При этом производят подъем существующих зданий до требуемого уровня; возводить подземные ярусы автомобильных дорог, гаражей, автостоянок,

пешеходных переходов в стесненных условиях, производить обезвоживание грунта, прокладывать трубопроводы. Производство работ осуществляется в стесненных условиях без применения тяжелых строительных машин, динамических воздействий.

Фундамент объекта выполнен из бутового камня, размер которого в основном 90 см. В процессе реконструкции на первом этапе выполняют штробу с обеих сторон стены. Высота ее зависит от технического состояния фундамента и принятого размера делянки, на которой выполняют усиление фундамента. Как правило она составляет 2…4 ряда кирпичной кладки. В штробы на цементно-песчаном растворе устанавливают прокатные швеллеры, которые соединяют шпильками. Таким образом, создают систему, которая воспринимает и перераспределяет нагрузки от участка стены на смежные. По существу такая система представляет собой ростверк будущего свайного фундамента. Под нижней полкой швеллера, образующего распределяющую балку, пробивают сквозные отверстия в стене, с шагом 800-1200мм. В образованные отверстия устанавливаются двутавровые балки (второстепенные балки). Основной задачей второстепенных балок является равномерная передача нагрузки от распределяющей балки на инвентарные винтовые опоры. После проведения работ по разгрузке исходного фундамента из бутового камня, можно переходить к его демонтажу и последующей разработке траншей под новый.

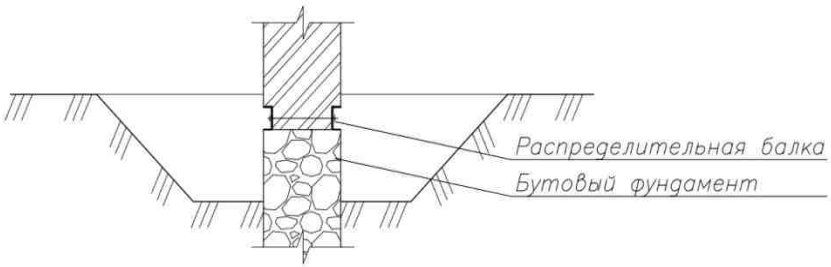


Рис. 1. Установка распределительных балок

Второй этап включает в себя устройство основания с использованием малогабаритных прецизионных составных свай, и монолитного железобетонного ростверка. Погружение свай обеспечивается за счет передачи нагрузки от веса здания на ствол погружаемой сваи, посредством установки гидравлического погружателя между оголовком сваи и нижней плоскостью стены, образованной распределяющими балками. По оголовкам свай выполняется

железобетонный ростверк высотой 500мм, поверх ростверка производится монтаж горизонтальной, рулонной гидроизоляции.
Для передачи нагрузок от стен здания на ростверк следует произвести комплекс работ для устройства стен из монолитного железобетона с использованием инвентарной стеновой опалубки.

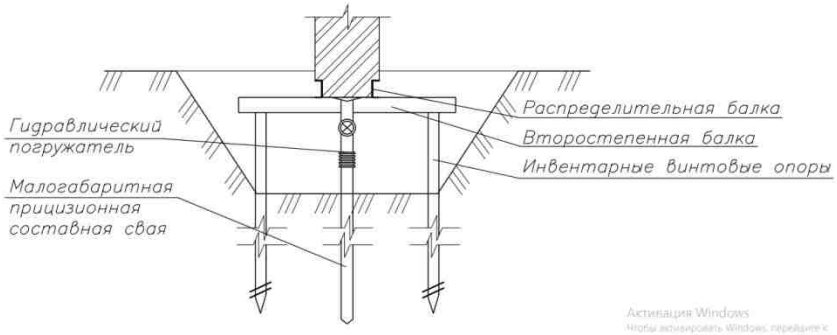


Рис. 2. Погружение малогабаритных прецизионных составных свай

На третьем этапе производится демонтаж второстепенных балок и инвентарных винтовых опор, для повторного использования на следующем участке. Проемы под второстепенные балки заполняются бетонной смесью, по наружным стенам подвального этажа выполняется монтаж вертикальной рулонной гидроизоляции.

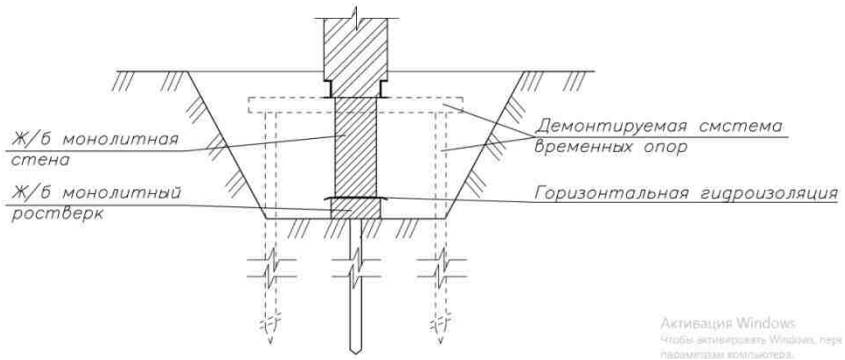


Рис. 3. Третий этап реконструкции фундамента

Работы по устройству пола, инженерных коммуникаций и прочего производятся только после монтажа (или готовности) всех участков реконструируемого фундамента.

По сравнению с открытым методом возведения подземных сооружений технология, основанная на применении составных вдавливаемых прецизионных малогаборитных свай, на объектах разного типа , позволяет снизить стоимость их возведения от 18…20 до 35…40% и более. Для некоторых условий реконструкции старинных зданий, когда они располагаются на слабых грунтах, грунтах с высоким содержанием органических включений, такая технология, оказывается, по существу технически единственно возможной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Картозия Б.А.* Строительная геотехнология / Б.А. Картозия, А.В. Корчак, С.А. Мельников. М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2003. 230 с.

2. *Харченко А.В.* Использование подземного пространства большого города для размещения транспортной инфраструктуры. М.: Горная книга, изд-во Московского государственного горного университета, 2009. 210 с.

3. *Шилин А.А.* Освоение подземного пространства (зарождение и развитие). М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2005. 305 с.

4. ГОСТ Р 57342-2016/ЕН 14199:2005 Микросваи. Правила производства работ

5. Пат. 2433911 Российская Федерация, МПК B 28 B 7/00. Арматурно-формовочный блок для изготовления сборных элементов / Ю.М. Придатко, Давыдов А.В. и др. Опубл. 20.11.2011, БИ № 32.

УДК624.154

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИНТОВЫХ СВАЙ

Е.А. Смирнова, Н.С. Харитонов, М.А. Абрамов, А.Л. Балушкин

Научные руководители - М.А. Абрамов, канд. техн. наук, доцент; А.Л. Балушкин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Работа посвящена исследованию стальных винтовых свай. Рассматривается возможность применения многовитковых винтовых свай для строительства каркасных и легких зданий и сооружений.

Ключевые слова: *Многовитковые винтовые сваи, легкие конструкции, несущая способность, фундаменты.*

STUDY OF SCREW PILES

E.A Smirnova, N.S Kharitonov, M.A Abramov, A.L Balushkin

Scientific Supervisors - M.A. Abramov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A.L Balushkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to the study of steel screw piles. The possibility of using multiturn screw piles for the construction of frame and light buildings and structures is considered.

Keywords*: Multi-turn screw piles, light structures, bearing capacity, foundations.*

История винтовых свай насчитывает почти 200 лет. Первый свайно-винтовой фундамент был установлен р. Темзе в 1838 году английским инженером Александром Митчеллом.

В последние годы винтовые сваи находят широкое применение при строительстве малоэтажных зданий и специальных сооружений: опор ЛЭП, радиомачт, мостов и пр. В современных условиях можно выделить определенный сектор сооружений, в котором винтовые сваи могут быть востребованы: временные (остановочные комплексы, рекламные щиты) и краткосрочные (сезонные мосты и причалы) сооружения, объекты на подтопляемых территориях [1].

Фундаменты на винтовых сваях обладают рядом существенных преимуществ:

1. Простота конструкции.
2. Возможность демонтажа и повторное использование.
3. Возможность установки опор в труднодоступных местах: под водой, на косогорах, болотах и т.п.
4. Отсутствуют земляные работы и сохраняется естественный ландшафт
5. Установка винтовых грунтовых опор производится без шума и вибрации, возможно вблизи существующих конструкций, дополняя их.
6. Существенная экономия времени и материальных затрат до 30-50%, по сравнению с традиционными фундаментами [2].

Однако для капитального строительства такие сваи мало распространены, что объясняется относительно слабой изученностью их несущей способности в различных грунтовых условиях при действии нагрузок в разных направлениях [1]. Так, СП 24.13330.2011 (актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85) ”Свайные фундаменты” предусматривает только винтовые сваи “состоящие из металлической винтовой лопасти и трубчатого металлического ствола” (рис. 1,а). Т.е. нормативный документ не предусматривает расчет и конструирование технических решений с двумя и более лопастями [1], трубчатых свай (рис. 1,б), свай типа Krinner [3] и др.

В то же время в Европе винтовые сваи получают все чаще широкое применение за счет как развития конструктивных решений (многолопастные сваи, прямоугольное сечение ствола), так и расширение сферы применения, например, в качестве анкерных систем и подпорных стенок.

Рис. 1. Типы винтовых свай: а) однолопастная винтовая свай; б) двулопастная свая; в) трубчатая свая; г) многовитковая свая

Рис. 2. Стенд для испытания винтовых свай в полевых условиях статической нагрузкой

Для корректного использования винтовых свай необходимо проанализировать и последовательно решить проблемы, которые ограничивают их применение в российских климатических, геологических и гидрогеологических условиях. Можно выделить следующие задачи исследования:

1. Необходимо смоделировать и испытать в реальных условиях многовитковые сваи, поскольку отсутствуют расчетные системы для иных, кроме варианта «а» (рис. 1), конструкций;
2. Рассчитать и экспериментально исследовать работу винтовых свай в условиях морозного пучения.
3. Исследовать свойства антикоррозионного покрытия стальных свай как в условиях агрессивных грунтовых вод, так и в случаях его повреждения при завинчивании.
4. Исследовать технологические особенности завинчивания свай в различные типы грунтов, в том числе в мерзлые.

Для решения данных проблем нами рассчитан и собран стенд для испытания винтовых свай в полевых условиях статической нагрузкой, представленный на рис. 2. Выполненные начальные испытания позволяют говорить, что реальная несущая способность многовитковых свай существенно выше, чем заявлено в технических данных. Это позволяет расширить область возможного применения многовитковых свай при возведении зданий и сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Железков В.Н.* Монография. Винтовые сваи в энергетической и других отраслях строительства. СПб.: Изд. дом Прагма, 2004. 128 с.
2. *Пенчук В.А.* История и тенденции развития винтовых грунтовых опор / В.А. Пенчук // Ползуновский вестник. 2012. № 1/2. С. 65-69.
3. Винтовые фундаменты «Krinner» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://krinner.ru/ (Дата обращения 28.02.2018)

УДК 699.822

ВТОРИЧНАЯ ОБМАЗОЧНАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

И.У. Дарсалия, А.Б. Османов

Научный руководитель - М.А. Абрамов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проанализирована продукция сухих гидроизоляционных смесей на рынке, их соответствия заявленным характеристикам, влияние изменения рекомендуемой рецептуры приготовления гидроизоляционной смеси на ее характеристики.

Ключевые слова: *вторичная гидроизоялция, гидроизоляционная смесь, обмазочная гидроизоляция.*

SECONDARY COATIGNG WATER PROOFING IN CONSTRUCTION

I.U. Darsaliy, A.B. Osmanov

Scientific Supervisor – M.A. Abramov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Analyzed production waterproofing dry mixes on the market, their compliance with the declared characteristics, the impact of changing the recommended cooking formula of the waterproofing mixture on the surface characteristics.

Keywords*: secondary waterproofing, waterproofing mixture, lubricating waterproofing.*

Введение и актуальность проблемы.

Все здания и сооружения подвержены воздействию влаги. Следствием этого становится преждевременное разрушение конструкций, снижение их теплоизоляционных свойств и нарушение микроклимата помещений. [1] Элементы водозащиты, заложенные строителями прошлых веков в конструкции зданий, в большинстве своем по разным причинам вышли из строя. В итоге подвалы домов зачастую затоплены или регулярно затапливаются, стены домов увлажнены.

Экспериментальная часть.

В научной работе были использованы два производителя гидроизоляцонных смесей:

1. Bergauf.
2. Glims.

В настоящее время качество большинства гидроизоляционных работ имеет не высокий уровень. Было решено проверить нормативные характеристики, заявленные производителем, с фактическими характеристиками гидроизоляционных смесей.

Таблица 1. Сравнение характеристик материала

	Гидроизоляционная смесь			
	Bergauf		Glims	
	Нормативные значения	Фактические значения	Нормативные значения	Фактические значения
Паропроницаемость	Проницаем	Проницаем	Проницаем	Проницаем
Водопоглощение, $\frac{кг}{м^2 * ч^{0,5}}$	-	0,0025	-	0,0012
Адгезия, МПа	1	1,3	0,9	0,448 когез.отрыв
Изгиб, МПа	6	7,3	30	12,79
Сжатие, МПа	2,5	4,3	8	8,8

Из представленных в таблице 1 данных, видно, что характеристики образцов соответствуют заявленным производителем, кроме прочностного значения на изгиб образцов марки «Bergauf».

В ходе работ выяснилось, что при рекомендованном производителем водоцементного отношении, нанесение гидроизоляционного материала на поверхность сооружения затруднено. Технологическими вариантами повышали удобоукладываемость смеси - добавление «излишней»

воды в смесь, для улучшения нанесения смеси на поверхность, а также добавление пластификатора.

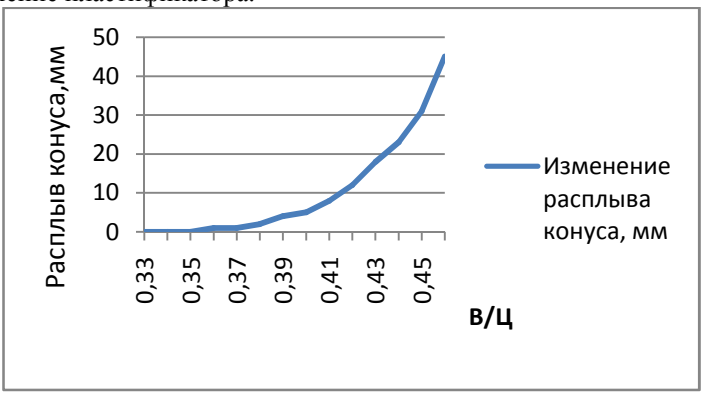


Рис. 1. Изменение «расплыва конуса» от В/Ц.

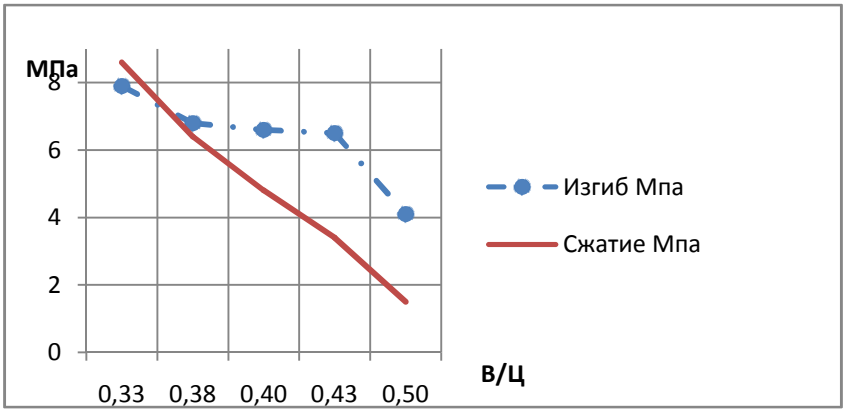


Рис. 2. Изменение прочностных характеристик при разном В/Ц

Падение прочностных характеристик на сжатие, при увеличении водоцементного отношения, с 8,6 МПа до 1,5 МПа, т.е более чем в 5 раз. Падение прочности на изгиб – почти в 2 раза.

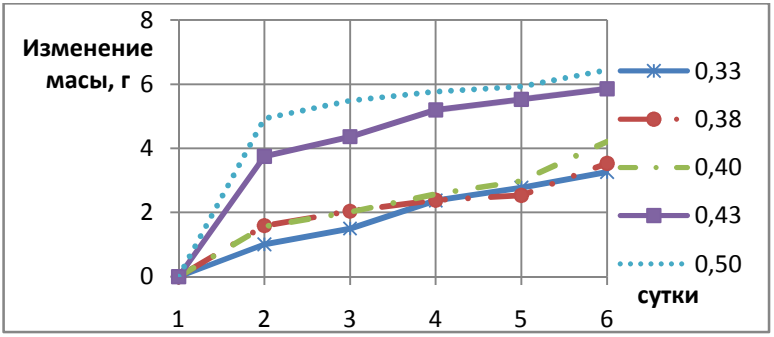


Рис. 3. Изменение водопоглощения образцов

Увеличение добавления воды в гидроизоляционную смесь – недопустимо. Наблюдается резкое падение прочностных характеристик в связи с увеличением пористости материала.

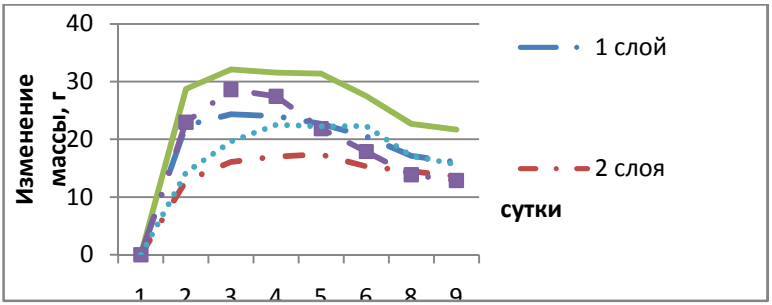


Рис. 4. Изменение водопоглощения образцов при добавлении пластификатора

1 слой, 2 слоя – состав гидроизоляции, рекомендованный производителем, нанесенный в 1 и 2 слоя соответственно

Добавление пластификатора в готовый состав гидроизоляционной смеси – недопустимо. Образуются воздушные поры, уменьшается время схватывания готовой смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. *Зарубина Л.* Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений. СПб.: Издательство БХВ, 2011.

УДК 536.46

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ОГНЕСТОЙКИХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ПЕН

Е.И. Шашкова, С.Ю. Васильева, П.А. Егоров

Научный руководитель – О.Е. Насакин, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова

Исследуются пути удешевления пенополиуретанов модификацией компонента А дешевыми продуктами лесохимического производства.

***Ключевые слова**: пенополиуретаны, таловое масло, полиэфиры*

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF OBTAINING FIRE-RESISTANT POLYURETHANE FOAM

E.I. Shashkova, S.Yu. Vasilyeva, P.A. Egorov

Scientific Supervisor – O.E. Nasakin, Doctor of Chemical Sciences, Professor

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov

The ways of cheapening polyurethane foams by modifying component A with cheap products of wood chemical production are investigated.

***Keywords**: polyurethane foams, tall oil, polyesters*

Полиуретановые пены часто используются в качестве утеплителя и для звукоизоляции зданий. Для получения эффективного утеплителя необходимо чтобы плотность пен была не менее 40 кг/кубм, иначе ППУ будут очень хрупкими, с высокими значениями водопоглощения – благодаря наличию больших открытых пор. Поэтому немаловажное значение имеет побор компонентов смеси для получения качественного утеплителя. Одно из главных требований, необходимых для использования в строительстве жилых домов – это негорючесть материалов. Однако пенополиуретаны (ППУ) относятся к легкогорючим материалам, так как имеют высокую удельную поверхность органических компонентов. Для снижения горючести ППУ используют обычно метод введения различных добавок - антипиренов. Известен способ получения невоспламеняе-

мого эластичного ППУ на основе полиэфирполиола, полиизоцианата, активатора, ускорителя, сшивающего агента, пенографита, содержащего ингибитор дыма, отвержденный и денатурированный казеин [1]. Недостатком известного способа являются: недостаточная огнестойкость и низкие физико-механические характеристики, необходимые для подобных материалов, вследствие введения в полиуретановую систему значительных количеств наполнителей. Для получения огнестойкого ППУ при сохранении физико-механических характеристик, отвечающих за тепло- и звукоизолирующие свойства, был разработан способ получения огнестойкого ППУ на основе композиции, включающей полиэфирполиол, полиизоцианат, расширенный графит, аминный активатор, стабилизатор и вспениватель, композиция дополнительно содержит фурфурол модифицирующую добавку - многоатомные спирты, в качестве вспенивателя композиция содержит воду, полиэфирполиол перед взаимодействием с полиизоцианатом предварительно смешивают с аминным активатором, стабилизатором, модифицирующей добавкой и вспенивателем, а затем добавляют расширенный графит и фурфурол при отношении 1-2:1 и суммарном количестве 15-30 мас.% от общего количества компонентов. В качестве полиэфирполиола использовали лапрол марки 564, полученный на основе окиси этилена и окиси пропилена с гидроксильным числом не более 110 мг К на 1 г полиэфирполиола и молекулярной массой 500-600. Полиизоцианат используют, например, «Супросек 5005» или «Супросек 2456» (фирмы Ханстман, США), которые являются смесью 2,4- и 4,4-изомеров дифенилметандиизоционата. Аминный активатор - диметилдиэтаноламин (ТУ 6-02-1086-91) или другие амины. Модификатор - глицерин (ГОСТ 6824-96) или многоатомные спирты. Вспениватель - вода или фреоны. Способ осуществляют следующим образом. Полиэфирполиол смешивают с расчетными количествами аминного активатора, вспенивателя, модифицирующей добавки, расширенного графита, предварительно смешанного с циануратом меламина в соотношении 1-2:1 и суммарном количестве 15-30 мас.% от общего количества компонентов и тщательно перемешивают до получения однородной массы. Затем приготовленную систему переносят в форму вместе с полиизоцианатом и интенсивно перемешивают в течение 10-15 сек. Через, примерно, 15-20 минут готовый материал извлекают из формы. Огнезащитные свойства полученного материала оценивали следующим образом. Образец диаметром 100 мм и толщиной 100 мм вносили в пламя газовой горелки с температурой 900-1000°С и выдерживали в течение 1 мин. Оценка велась визуально: горит или не горит. Кроме того измеряли глубину обугленного, закоксованного слоя. Преимуществом такого способа получение ППУ является повышение огнестойкости, сохранение тепло- и звукоизолирующих характеристик ППУ: коэффициент теплопроводности

и кажущаяся плотность всех приготовленных образцов практически не отличается от стандартного, при меньшем содержании наполнителей - антипиренов - расширенный графит и цианурат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2268899 Российская Федерация, МПК7С08G18/08. Способ получения огнестойкого пенополиуретана / В.А. Варюхин, Ю.И. Дергунов, С.А. Рябов; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие "ИЗУРЭМ". № 2006108354/04; заявл. 16.03.2006; опубл. 10.04.2007, Бюл. № 23 (II ч.). 3 с.

УДК 691.16: 674.816.3.004.12

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУРФУРОЛАЦЕТОНОВОГО МОНОМЕРА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ АСФАЛЬТА

Ю.В. Казакова, С.Ю. Васильева, С.С. Корнаков

Научный руководитель - О.Е. Насакин, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова

Рассматриваются возможности применения фурановых смол для строительства дорог, в частности для снижения водопоглощения асфальта.

Ключевые слова: *дороги, асфальт, фурановые мономеры стабилизаторы дорожных покрытий*

USE OF FURFUROLACETONE MONOMER FOR REDUCING WATER ABSORPTION OF ASPHALT

Yu.V. Kazakova, S.Yu. Vasilieva, O.E. Nasakin, S.S. Kornakov

Scientific Supervisor – O.E. Nasakin, Doctor of Chemical Sciences, Professor

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov

The possibility of using furan resins for road construction, in particular, for reducing water absorption of asphalt, is considered.

Keywords*: roads, asphalt, furan monomers, road surface stabilizers*

Известно, что Россия стоит на пятом месте в мире по протяженности дорог с твердым покрытием (их длина почти в семь раз меньше, чем в США и в 3 – Китай). При этом наши, невысокого качества, дороги в полтора раза обходятся государству дороже чем американские на бетонном основании. В связи с этим, а также с самой большой территорией проблема новых покрытий для дорожного строительства является сверхактуальной.

В последние годы перед дорожной отраслью РФ остро стоят задачи, направленные на дальнейшее развитие сети федеральных, региональных и сельскохозяйственных дорог, которые должны привести к ускорению роста экономики страны. При этом особенно актуальны такие технологии, которые позволяют решить проблемы уменьшения стоимости и

сокращения сроков строительства дорог при одновременном повышении их надежности и обеспечении всесезонности эксплуатации.

Одним из таких направлений, позволяющим успешно решать стоящие перед страной инфраструктурные задачи, является технология стабилизации и укрепления грунтов, которая находит все более широкое распространение в мире. Для этих целей используется достаточно большая группа поверхностно-активных веществ (ПАВ) – стабилизаторов грунтов на органической, щелочной и кислотной основе, смолы, полимерные стабилизаторы грунтов.

Технико-экономические расчеты, проведенные на основе фактических производственных затрат и сроков строительства, показывают, что применение в дорожных конструкциях слоев из укрепленных местных грунтов вместо устройства конструктивных слоев из привозных инертных материалов приводит к снижению стоимости строительства дорог на 10–30 %. Важно отметить, что укрепленные местные грунты можно эффективно использовать при строительстве дорог I–V технических категорий и аэродромов. При этом на дорогах I–II технических категорий укрепленные грунты, как правило, используют в качестве нижних слоев оснований, а на дорогах III–V категорий они могут быть применены также и при устройстве верхних слоев оснований и покрытий.

Современные ПАВ-стабилизаторы имеют сложные, многокомпонентные системы, включающие:

а) кислые органические продукты, суперпластификаторы и другие вещества, такие как Roadbond (США), «Дортех» (РФ), RRP-235-Special (Германия), EH-1(США), SPP (ЮАР), «Статус 3» (РФ), CBR+ (ЮАР), RoadPacker Plus (Канада), Terrastone (Германия), Stabibud (Польша), Enviroseal LBS (США) и другие. Этот вид ионных стабилизаторов является наиболее распространенным, хотя имеет ряд важных особенностей по применению, а именно: ограничение по кислотности обрабатываемых грунтов, высокий класс опасности, высокое коррозионное воздействие на дорожно-строительную технику.

б) низкомолекулярные органические комплексы, такие как «Дорзин» (Украина), Perma-Zume (США), Ecoroads (США), «АНТ» (РФ) и другие. Ионоактивные органические ПАВ-стабилизаторы глинистых грунтов могут преобразовывать их, используя имеющиеся в них ферменты. .

Нами предлагается использовать в качестве стабилизатора грунта – фурфуролацетоновый мономер с добавкой 1% сульфанола. Как показали испытания, на 1 кв.м дороги используется 7 кг фурфуролацетоновой смолы, при этом ее стоимость в 40 раз дешевле используемых ПАВ. Полученное покрытие отличаются высокой гидрофобностью, отличаются масло-, бензостойкостью, высокой прочностью.

УДК 691.34

ПОЛИМЕРБЕТОНЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ФУРАНОВЫМИ СМОЛАМИ

В.В. Васильев, П.А. Егоров, С.Ю. Васильева

Научный руководитель - О.Е. Насакин, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова

Рассматриваются вопросы получения полимербетонов с использованием фурановых мономеров и олигомеров для придания бетонам новых ценных свойств, включая кислотоустойчивость

Ключевые слова: *полимербетоны, фурановые мономеры, бензолсульфокислота, таловое масло*

POLYMERBETONS MODIFIED FURANOUS RESINS

V.V. Vasiliev, P.A. Egorov, S.Yu. Vasilieva

Scientific Supervisor – O.E. Nasakin, Doctor of Chemical Sciences, Professor

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov

The problems of obtaining polymer concrete with the use of furan monomers and oligomers are considered for giving concrete new valuable properties, including acid resistance

Key words: *polymer concrete, furan monomers, benzenesulfonic acid, tall oil*

Полимербетоны обладают более высокими физико-механическими характеристиками и химической стойкостью, чем цементные бетоны. Их применение позволяет повысить долговечность строительных конструкций, работающих в агрессивных средах в 3-4 раза и уменьшить материалоемкость в 1.5-2 раза. Они имеют более высокие показатели прочности и износостойкости. Недостатками бетонов являются значительная ползучесть при длительном воздействии нагрузки, высокий коэффициент температурного расширения, сравнительно низкая теплостойкость. Полимербетоны по сравнению с цементными бетонами обладают более высокой усадкой. Этот показатель уменьшается при введении наполнителя и

при изготовлении полимербетонов по каркасной технологии. У полимербетонов большой коэффициент температурного расширения, что ведет к повышению внутренних напряжений. Прочность полимербетонов определяется их составом и в некоторой степени режимом твердения. Ценным качеством полимербетонов по сравнению с цементными является низкая истираемость, в особенности бетонов на эпоксидных и фурановых полимерах. В отличие от обычного цементного бетона полимербетон обладает высокой стойкостью к действию кислот, растворов солей и нефтепродуктов. Стойкость полимербетона в той или иной среде зависит от вида полимерного вяжущего, стойкости заполнителей и ряда других факторов. Например, для кислотостойких бетонов необходимо применять кислотостойкие заполнители (кварц, андезит, графит и т. п.).

Целью данной работы является усовершенствование технологии получения полимербетонов на основе фурфуролацетоновой смолы. Для этого в данной работе предполагается оптимизировать состав полимербетона и связующего: использовать не только мономер (ФАМ)- дифурфурилиденацетон, но и монофурфурилиденацетон (ФА) и фурфурол. Проведенные испытания показали, на заметное повышение активности процесса отверждения фурановых смол в присутствии фурфурола. А использование моно и дизамещенных фурфурилиденацетонов позволяет оптимизировать состав полимербетонов, понизить их хрупкость. Также в данной работе была произведена замена катализатора – вместо широко используемого кислотного катализатора- серной или бензолсульфокислоты (БСК) - мы применили менее кислотный катализатор –сульфированное таловое масло. Основные связующие для получения полимербетона – фурфурилиденацетоновые смолы изфурфурол и ацетона использовали покупные.

Изготовление фурфуролацетонового пластбетона нами проводилось аналогично изготовлению цементного бетона на одинаковом оборудовании, но при более длительном перемешивании. Первоначально перемешиваются инертные компоненты, включая цемент, затем вводится смола, и смесь вновь перемешивается в течение 5-7 мин. Смола ФАМ относится к поликонденсационным смолам, для отверждения которых требуется добавлять кислый отвердитель. При получении пластбетона на основе ФАМ чаще всего используется бензосульфокислота- БСК . Недостатками данного способа является то, что сульфокислоты не взаимодействуют со смолами и хорошо растворяются в воде. Это приводит к их экстрагированию, что увеличивает пористость, уменьшают адгезию фурфуролацетоновых смол с минеральными связующими и ухудшают физико-механические показатели композитов.

Фурфуролацетоновый пластбетон с песчаным наполнителем имеет состав в процентах по весу: мономер ФАМ - 12%, молотый кварцевый

песок - 22% (или КЦ-25%), БСК - 2,5-3%, остальное - песок крупностью до 2 мм. В зависимости от условий изготовления и гранулометрического состава песка эти цифры могут несколько изменяться. Песчаный фурфуролацетоновый пластбетон может применяться в конструкциях, эксплуатируемых в условиях воздействия агрессивной среды, включая серную кислоту.

Новый способ полимербетонов на основе смесей фурфурилиденацетоновых мономеров и сульфированного талового масла. Результат достигается тем, что полимербетонная смесь дополнительно содержит добавку таллового масла. Технология смешивания заключается в том, что минеральные наполнители предварительно смешиваются с талловым маслом (ТМ) в количестве 0,8-1,5% от их веса. Далее в полученную смесь вносят смолу, перемешивают, после чего загружают БСК, в расплаве или растворенную в любом растворителе.

Положительным результатом предложенного способа получения ПБС является увеличение предела прочности при сжатии на 30-40%, а влагопоглощение уменьшается. Фурфуролацетоновый пластбетон с песчаным наполнителем имеет состав (применительно к СНиП I-В. 27-62) в процентах по весу: мономер ФАМ-12%, молотый кварцевый песок-22% (или КЦ-25%), БСК -2,5-3%, остальное - песок крупностью до 2 мм. В зависимости от условий изготовления и гранулометрического состава песка эти цифры могут несколько изменяться. Песчаный фурфуролацетоновый пластбетон может применяться при армировании его стержневой или дисперсной арматурой там же, где и цементный раствор, но в конструкциях, эксплуатируемых в условиях воздействия агрессивной среды.

УДК 691

ПРИМЕНЕНИЕ МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГАЗОБЕТОНА

А.С. Слинько, И.В. Немчинов, П.И. Грехов, А.М. Суханов

Научные руководители - П.И. Грехов, канд. техн. наук, доцент
А.М. Суханов, канд. техн. наук, доцент

Курганская государственная сельскохозяйственная академия
имени Мальцева

Рассматриваются различные строительные материалы для улучшения качества газобетона, позволяющие увеличить прочность и снизить его стоимость.

***Ключевые слова**: Газобетон, опока, базальт.*

THE USE OF LOCAL BUILDING MATERIALS TO IMPROVE THE QUALITY OF AERATED CONCRETE

A.S. Slin'ko, I.V. Nemchinov, P.I. Grehov, A.M. Suhanov

Scientific Supervisors - P.I. Grehov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A.M. Suhanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kurgan State Agricultural Academy named after Maltsev

Various building materials for improvement of quality of aerated concrete allowing to increase durability and to lower its cost are considered.

***Keywords**: aerated concrete, flask, basalt.*

Строительство является материалоёмким процессом. В нём целесообразно использовать местные сырьевые ресурсы. При росте цен на традиционные строительные материалы и росте расходов на транспортные средства происходит удорожание строительства. Выходом в данной ситуации является изучение и использование местных строительных материалов. Кроме того, одним из перспективных направлений развития промышленности строительных материалов в России является комплексное использование для массового индивидуального строительства мест-

ных строительных материалов из отходов производства, обладающих конструктивно-теплоизоляционными характеристиками. К ним относится газобетон.

Газобетон – разновидность ячеистого бетона с равномерно распределёнными по всему объёму приблизительно сферическими, замкнутыми, но сообщающимися друг с другом порами диаметром 1–3 мм. Газобетонные блоки идеальны, когда речь идет о строительстве до трёх этажей. Они отлично подходят при возведении стен и перегородок, в монолитном строительстве блоками этой категории можно заполнять проемы. Основные компоненты современных газобетонных блоков это песок, известь, цемент и алюминиевая пудра. Главными достоинствами газобетонных блоков являются высокая прочность, низкая плотность, хорошие экономические показатели (производство газобетонного изделия требует меньше водно-цементной смеси). Также, материал обладает рядом дополнительных свойств - не гниёт, не подвергается процессу старения, не выделяет токсичных веществ [1].

Для улучшения качеств газобетона рекомендуется использовать различные добавки, такие как опока, зола-унос и базальтовый песок. Это позволяет увеличить его прочность и уменьшить его вес.

Опока – осадочная порода. Осадочные породы представляют собой слабосцементированные материалы и обладают ценным свойством – они легко измельчаются до высокой дисперсности. При этом кремнезем в осадочных породах находится в аморфном состоянии ($kSiO_2 \cdot nH_2O$) и способен взаимодействовать в процессе структурообразования со щелочным активатором твердения [1]. Курганская область обладает достаточными запасами опоки для промышленного использования.

Своё применение в строительстве опока нашла в качестве минеральной добавки для различных видов материалов[2,3]. Были проведены патентные исследования по её применению в ячеистом бетоне. Так, в патенте на изобретение №1392051 изложено, что применение опоки вызывает снижение стоимости и повышение прочности бетона.

Но в виду того, что аморфный кремнезём хорошо вступает в реакции с известью ($Ca(OH)_2$), рассматривается возможность применения опоки при производстве газобетонов. Кроме вводимой извести в состав многокомпонентной системы, при гидратации портландцемента происходит выделение свободной извести, которая тоже связывается с гидратированным диоксидом кремния с образованием разноосновных гидросиликатов кальция ($mCaO \cdot nSiO_2 \cdot kH_2O$). Появление новых гидросиликатных групп с пониженной основностью позволяет получить дополнительный прирост прочности не изменяя, а в некоторых случаях уменьшая продолжительность автоклавной обработки [4].

Преимуществами опоки в газобетонах является то, что она способствует формированию прочной структуры межпоровых перегородок за счет мелкой дисперсности всех компонентов и химического состава опок, обеспечивающих получение газобетона с низкой плотностью и повышенной прочностью. Использование тонко молотой опоки позволяет снизить стоимость и повысить прочность газобетона. Снижение стоимости происходит за счёт уменьшения плотности готового изделия и, как следствие, меньшего расхода других дорогостоящих материалов. Также в число положительных моментов применения опоки можно отнести повышение тепло- и звукоизоляции готового изделия [5].

Автоклавное твердение газобетона на основе опоки мало изучено. В автоклаве происходит химическое взаимодействие между известью и основным компонентом опоки – аморфным кремнезёмом, с образование гидросиликата кальция ($Ca(OH)_2$). Автоклав способствует сохранению воды в жидком состоянии при высоких температурах, без чего невозможно взаимодействие кремнезёма, воды и извести. Чем меньше модуль крупности опоки при помоле, тем больше извести связывается в $Ca(OH)_2$ и тем прочнее изделие. Оставшаяся известь кристаллизируется в процессе автоклавной обработки, усиливая сцепление между зёрнами, что также повышает прочность газобетона.

Главным достоинством опоки является её низкая себестоимость из-за больших объёмов залегающих масс и лёгкости добычи (опоки залегают в виде выдержанных по простиранию пластов и пачек, достигающих мощности 350 м). Применение опоки позволяет сократить стоимость газобетонных изделий, что позволяет решить проблему с главным фактором в производстве газобетонных изделий - экономическим. Поэтому применение дешёвых и эффективных сырьевых добавок (в частности опоки) открывает новые возможности в развитии производства.

Повышение прочностных характеристик изделий из газобетона позволяет снизить количество брака и некондицию при проведении технологических операций хранении и транспортировке.

Также интересующей нас добавкой является базальтовый песок, который является отходом при добыче базальтовых пород. Базальтовые породы добываются вКатайском районе Курганской области. Поверхность базальтового песка не загрязнена илистыми органическими или глинистыми включениями. Благодаря этому обеспечивается прочное сцепление с цементом по максимальной поверхности, увеличивая прочность газобетона.

Базальт – смесь щелочных и кислотных окислов, и поэтому увеличивает щелочной фон смеси, что приводит к повышению прочности конечного материала и увеличению эксплуатационных характеристик, по сравнению с чисто силикатными заполнителями.

Для подбора оптимальных составов целесообразно использовать теорию планирования эксперимента. При планировании экспериментов, например, в условиях производства, исследователь не все факторы может контролировать в процессе выполнения опытов (zi), спонтанное изменение этих параметров zi смещает оптимум контролируемых факторов (xi). Стоит задача организовать производственный процесс так, чтобы можно было бы не только получить готовую продукцию, но и информацию о смещении оптимальных сочетаний факторов xi, обусловленных изменением неконтролируемых переменных zi. Для решения этой задачи разработаны методы экспериментального поиска оптимума в промышленных условиях. Одним из таких методов является симплекс-планирование. Он относится к неградиентным методам поиска оптимума.

Достоинством симплекс-планирования является то, что имеются чёткие правила принятия решения о том, как изменять условия эксперимента для обеспечения нахождения оптимума.

При симплекс-планировании движение в область оптимума в факторном пространстве осуществляется перемещением симплекса. Это перемещение заключается:

- во-первых, в последовательном отбрасывании вершин с минимальными значением параметра оптимизации (проводятся измерения отклика во всех вершинах симплекса, сопоставляются полученные значения y1, …, yk+1, выделяется наименьшее значение yi*=min) ;

- во-вторых, в построении нового симплекса на оставшейся грани с новой вершиной, которая является зеркальным отображением отброшенной (выделяется вершина симплекса, где отклик минимален и определяется новая вершина, представляющая собой зеркальное отражение выделенной вершины относительно грани, общей обоим симлексам).

При таком планировании движение к оптимуму ведётся после каждого опыта, начиная с (k+1). В результате всех опытов образуется цепочка симплексов, перемещающихся в область оптимума по некоторой ломаной линии. Конечным этапом является проверка адекватности уравнения регрессии по критериям Кохрена и Фишера.

В заключение можно отметить, что применение местных строительных материалов может положительно повлиять на развитие отрасли производства строительных материалов. При определении оптимальных составов строительных смесей целесообразно применять теорию планирования эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. Строительные материалы: Учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 1986. 688 с.

2. *Суханов А.М.* Теоретические исследования использования активных минеральных добавок при производстве сухих строительных смесей / А.М. Суханов, П.И. Грехов, С.В. Шарина // в сборнике: проблемы и перспективы развития инженерно-строительной науки и образования: материалы I Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 44-46.
3. *Грехов П.И.* Исследование физико-механических характеристик асфальтобетона при введении модифицирующей добавки природного происхождения / П.И. Грехов, С.В. Заводов // Молодёжь, наука, технологии: новые идеи и перспективы (МНТ-2016); Материалы III международной научной конференции студентов и молодых учёных [электрон.текстовые дан.]. Томск: Издат-во Томский гос. архит.-строит. ун-та. 2016. С. 937.
4. Патент 1392051 "Сырьевая смесь для изготовления ячеистых бетонов".
5. Электронный ресурс Опока. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Опока_(порода).

УДК 691

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ ИЗ МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.А. Пономарев, С.В. Смоленцев, П.И. Грехов, А.М. Суханов

Научные руководители – П.И. Грехов, канд. техн. наук, доцент, А.М. Суханов, канд. техн. наук, доцент

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева

Рассматривается применение минеральных порошков для асфальтобетонов из местных строительных материалов. Это в свою очередь повысит укрывистость минеральных компонентов битумом в асфальтобетонной смеси.

Ключевые слова: *асфальтобетон, минеральный порошок, пленочная фаза битума, планирование эксперимента.*

POSSIBILITIES OF USING MINERAL POWDERS FOR ASPHALT-CONCRETE FROM LOCAL BUILDING MATERIALS

V.A. Ponomarev, S.V. Smolentsev, P.I. Grehov, A.M. Suhanov

Scientific Supervisors – P.I. Grehov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A.M. Suhanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev

The application of mineral powders for asphalt concrete from local building materials is considered. This, in turn, will increase the hiding power of mineral components with bitumen in the asphalt-concrete mixture.

Keywords: *asphaltic concrete, mineral powder, film phase of bitumen, experiment planning*

Развитие сети автомобильных дорог в России является важнейшим фактором экономического развития. Строительство же автодорог требует значительных затрат, так как конструкция дорог является сложной конструктивной системой, где каждый элемент влияет на физико-механические и эксплуатационные свойства. Основным элементом, обеспечивающим

передачу динамических воздействий на основание, является асфальтобетонное покрытие. Асфальтобетон, как конструкционный материал представляет собой многокомпонентную дисперсную систему, в которой необходимо оптимально подбирать соотношения минеральной части (песок, щебень) и битумно-минерального вяжущего (битум, минеральный порошок).

Взаимодействие между минеральным компонентом и битумом происходит на поверхности минерального компонента, то есть на границе фаз. Известно, что на поверхности минерального компонента структура битумных составляющих меняется, переходя в пленочную фазу битумного компонента [1]. Это состояние битума по своим свойствам отличается от свободного битума, находящегося в межзерновом пространстве. Поэтому пленочное состояние задает основные физико-механические свойства асфальтобетонов в целом.

При рассмотрении площадей суммарной поверхности минеральных компонентов асфальтобетонов существенное влияние будет оказывать минеральных порошок, так как его суммарная поверхность будет составлять порядка 80% от поверхности других минеральных компонентов (щебень, песок) [2]. Следовательно, именно минеральный порошок будет формировать большее количество пленочной фазы битума. Но если минеральные компоненты будут состоять из диоксида кремния, то укрывистость их битумом будет затрудняться из-за однородного поверхностного заряда. Наилучшую укрывистость обеспечивают карбонатные породы с щелочным компонентом [3].

Таким образом, при рассмотрении геологической ситуации в Курганской области для получения минеральных порошком могут быть использованы кремниевые породы и базальтовые породы северо-западной площади[4]. В их состав входят: SiO_2 - 45-52%, Al_2O_3 – 15-18%, Fe_3O_4 – 8-15%, CaO – 6-12%, MgO – 5-7% [5]. Исходя из минералогического состава видно, что в них присутствует значительное количество минералов на основе щелочных металлов, которые формируют положительный заряд на поверхности частиц, что в свою очередь положительно сказывается на укрывистость их битумом. Это вызовет формирование более плотной укладки компонентов при уплотнении и более высокие механические характеристики.

Проведение испытаний асфальтобетона необходимо проводить по ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов». При проведении экспериментов для сокращения времени и расходов материалов целесообразно использовать метод планирования экспериментов. Для этого применяется методика “черного ящика” с построением “симплекс-плана” при последующем построении поверхности

отклика частной выборки из генеральной совокупности. В качестве пирамиды оптимизации будут применяться прочность (при 20°С и 50°С), плотность и т.д. Завершающим этапом будет явления сопоставления критериев Кохрена и Фишера подтверждающих или опровергающих адекватность математического отражения взаимодействия различных факторов дисперсной системы.

В результате определено, что ввиду изучения карбонатных пород в Курганской области целесообразнее будет изучение возможности применения базальтовых пород в качестве минерального порошка для асфальтобетонов. Также это может положительно сказаться на себестоимости, т.к. минеральный порошок для дорожно-строительных предприятий в Курганской области привозной. Кроме того, ввиду новизны изучаемого вопроса и сокращения объемов экспериментальной части удобнее проводить экспериментальную часть с использованием теории планирования экспериментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галдина В.Д.* Модифицированные битумы: учебное пособие. 2009. 219 с.
2. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ.
3. *Гмид Л.П.* Литологические аспекты изучения карбонатных пород-коллекторов, научная статья, 2006.
4. *Грехов П.И.* Исследование физико-механических характеристик асфальтобетона при введении модифицирующей добавки природного происхождения / П.И. Грехов, С.В. Заводов // Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы (МНТ-2016); материалы III международной научной конференции студентов и молодых ученых [электрон.текстовые дан.]. Томск: Издат-во Томский гос.архит.-строит. ун-та 2016. 937 с.
5. http://www.geolib.net/petrography/bazalt.html

УДК 666.97

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Д.Е. Дудов, Н.П. Анощенко, П.И. Грехов

Научные руководители – П.И. Грехов, канд. техн. наук, доцент, Н.П. Анощенко, старший преподаватель

Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева

В статье отражена актуальность использования сухих строительных смесей и снижение их себестоимости при использовании в качестве заполнителя местных базальтовых горных пород. При подборе оптимального состава сухих строительных смесей используется математический метод планирования эксперимента с построением «симплекс-плана». Применение математического моделирования поможет значительно сократить время проведения экспериментов и снизить расходы на исходные строительные материалы.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, базальтовые горные породы, мелкий заполнитель природного происхождения, математический метод планирования эксперимента.

STUDY OF THE POSSIBILITY OF NATURAL-ORIGIN AGGREGATES USE IN DRY BUILDING MIXES PRODUCTION

D.E. Dudov, N.P. Anoshchenko, P.I. Grekhov

Scientific Supervisors - P.I. Grekhov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; N.P. Anoshchenko, Senior Lecturer

Kurgan state agricultural academy by T.S. Maltsev

The article presents the actual use of dry building mixes and reducing their working costs using local whinstone as a filler. The mathematical method of experiment planning with the construction of "simplex design" is used choosing the optimal composition of dry building mixes. The application of mathematical modeling will help to reduce significantly time of experiments and cost of initial building materials.

Keywords: *dry building mixes, whinstone, small aggregate of natural origin, mathematical method of experiment planning.*

Применение сухих строительных смесей с каждым годом возрастает. Это вызывает обострение конкуренции на рынке строительных материалов. Поэтому их производители ищут пути снижения себестоимости [1].

Сухая строительная смесь представляет собой тщательно подобранный в заводских условиях состав, состоящий из минерального или полимерного вяжущего, заполнителя, наполнителя и полимерных модифицирующих добавок. В качестве минеральных вяжущих чаще всего используются цемент (портландцемент, цветные и белый цементы), гипс и известь. Заполнителями в сухих смесях служат: фракционированный кварцевый песок; песок, получаемый дроблением известняка, мрамора и других горных пород.

При производстве строительных работ потребность в сухих строительных смесей с каждым годом увеличивается, так как они обладают целым рядом преимуществ и в первую очередь обеспечением стабильности состава. Данное свойство обусловлено точным дози-рованием и тщательностью подготовки компонентов смеси. Обеспечение адгезивных свойства (сцепление с основанием), позволяет получить высокие прочностные качества отделочных слоев, а также увеличение производительности работ. Это обуславливается, во-первых, снижением трудоемкости применения смеси, во-вторых, покрытие получается более высокого качества и не требует серьезных трудовых затрат по окончательной подготовке к финишной отделке.

Благодаря широкой номенклатуре выпускаемых сухих строительных смесей, для каждого вида работ выбирается наилучший вариант смеси. В связи с высокой степенью рыночной конкуренции появилась необходимость в снижении себестоимости производства единицы продукции, так как цена является главенствующем показателем при выборе подрядными организациями данного вида сухой строительной смеси в торговой сети.

На сегодняшний день в качестве заполнителя используют фракционированный кварцевый песок, который принято делить на следующие категории: овражный, речной и карьерный [3]. Но они требуют дополнительной предварительной подготовки (промывки, дробления), что приводит к существенному удорожанию. Также необхо-димо отметить что поверхностный заряд силикатных заполнителей существенно снижает щелочной фон затвердевшего материала, а это при-водит к снижению механических характеристик.

При анализе наличия полезных ископаемых Курганской области выявлено отсутствие качественных песков для сухих строительных смесей. Залегающие пески карьерного типа имеют высокую степень загряз-

ненности органическими (илистыми) и минеральными (глинистыми) включениями, что не соответствует требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ». Для приведения параметров песка в рамки требований указанного ГОСТа требуется ряд дополнительных технологических мероприятий.

Для обеспечения высокого качества и низкой стоимости производства сухих строительных смесей целесообразно использовать дробленые минеральные заполнители из местных строительных материалов. Для этих целей могут быть использованы базальтовые горные породы северо-западной площади Курганской области [2]. Эти горные породы имеют в своем составе значительное количество окислов щелочных металлов, в связи с чем это положительно скажется на формировании силикатно-щелочной структуры, а следовательно на прочностных и эксплуатационных свойствах. Методы испытаний сухих строительных смесей на цементном вяжущем регламентированы в ГОСТ 31356- 2013, а испытания по определению прочностных характеристик производится по ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные. Методы испытаний»[4].

Для подбора оптимального состава по прочностным характеристикам используем метод «черного ящика» с построением «симплекс-плана» (по методике планирования эксперимента) с формированием структуры регрессионного уравнения:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3,$$

где факторы x_1 – цемент, x_2 – минеральный заполнитель, x_3 – вода.

Данная структура регрессионного уравнения позволит выявить влияние не только каждого фактора, но и комбинации этих факторов на отклик системы [5]. Обработка результатов производится с помощью ППП «STATGRAPHICS 5.0». Данный пакет прикладных программ позволяет получить значения коэффициентов уравнения-регрессии и построение плоскостной или изометрической поверхности критерия оптимизации. Это обстоятельство позволяет определить градиент изменения параметров системы. Адекватность уравнения проверяем по критериям Кохрена и Фишера.

Применение математического моделирования поможет значительно сократить время и расходы на материалы. Этот прием позволит определить промежуточные решения при помощи уравнения регрессии без проведения большого числа экспериментов. Кроме того базальтовый песок является отходом дробления при получении щебня, что позволяет получить чистые контактные поверхности данного заполнителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Суханов А.М.* Теоретические исследования использования активных минеральных добавок при производстве сухих строительных смесей / А.М. Суханов, П.И. Грехов, С.В. Шарина // В сборнике: Научное обеспечение реализации государственных программ АПК и сельских территорий. Материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 44-46.

2. *Суханов А.М.* Исследование возможности применения местных строительных материалов для получения сухих строительных смесей / А.М. Суханов, П.И. Грехов // Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережения: Сборник статей IV всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию инженерно-технического института северо-восточного федерального университета им. М.К. Аммосова / Под ред. доц. А.Е. Саввиной. Якутск: Изд-во Международный центр научно-исследовательских проектов, 2016. С. 255-260.

3. *Белькова С.В.* Основы геологии: учеб. пособие / С.В. Белькова. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009. 116 с.

4. Методика и анализ соотношений элементов математического планирования с нормативными документами при исследовании строительных материалов / П.И. Грехов, А.М. Суханов, Е.А. Баранов, А.А. Городских // В сборнике: Современные подходы к подготовке кадров для агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской учебно-методической конференции. 2017. С. 21-23.

5. *Зедгинидзе И.Г.* Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. М.: «Наука», 1976. С. 390.

УДК 691

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАТРАВОК ДЛЯ БЕТОНА НА ОСНОВЕ НИЗКООСНОВНЫХ ГИДРОСИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ

В.А. Белобородов, А.Р. Бутаков, П.И. Грехов, А.М. Суханов

Научные руководители – П.И. Грехов, канд. техн. наук, доцент; А.М. Суханов, канд. техн. наук, доцент

Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева

Рассматривается затравка для бетонов на основе низкоосновных гидросиликатов кальция. С ее помощью планируется увеличить прочность бетона, при этом минимизировав финансовые затраты.

Ключевые слова: *низкоосновные гидросиликаты кальция, удешевление бетонных смесей с помощью внедрения более доступных материалов*

THE PRODUCTION OF PRIMERS FOR CONCRETE BASED ON LOW-BASIC CALCIUM HYDROSILICATES

V.A. Beloborodov, A.R. Butakov, P.I. Grehov, A.M. Suhanov

Scientific supervisors – P.I. Grehov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; A.M. Sukhanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev

Grafting for concretes on the basis of low-basic calcium hydrosilicates is considered. With its help, it is planned to increase the strength of concrete, while minimizing financial costs.

Keywords*: low-basic hydrosilicates of calcium, reduction of concrete mixtures through the introduction of more affordable materials.*

Исследованию свойств бетона ежегодно посвящается значительное число работ. В связи с индустриализацией строительства все больше внимания уделяется добавкам, повышающих качество тяжелых бетонов.

Одним из направлений является введение кристаллических затравок в состав бетонных смесей.

Известно, что прочностные характеристики в бетонах формирует группа низкоосновных гидросиликатов кальция, то получается, что введение аналогичных затравок сдвинет химическую реакцию именно в сторону формирования этой группы гидросиликатов кальция.

Известен способ получения монокристаллов гидросиликатов кальция в гидротермальных условиях при температуре 170° С и давлении 8 атм в водной среде: Исходную шихту, состоящую из CaO и Si02, в водной среде выдерживают при температуре 170° С и давлении 8 атм, получают соединения 2CaO*SiO2*H2O с размерами кристаллов менее 10 мк, Затем полученный продукт помещают в автоклав и выдерживают при температуре 600° С и давлении 2800 атм в 25%-ном водном растворе NaOH. Получают конечный продукт состава 6Ca0*3Si02*H2O с размерами кристаллов до 3,0 мм и в высокой степени совершенства.[1]

Также существует способ получения гидросиликатов кальция путем взаимодействия тонкодисперсной двуокиси кремния и окиси кальция в гидротермальных условиях с последующей сушкой полученного продукта. Недостатками известного способа являются замедленное протекание процесса и необходимость применения высоких температур. Например, синтез гидросиликата кальция протекает при 165°С в течение 6 часов, синтез гиллебрандита при 200° С в течение 72 часов, а гидрата в течение 60 часов при 240°С. Количество фтористых соединений в смеси с тонкодисперсной двуокисью кремния не должно превышать 5%, иначе полученный продукт загрязняется.[1]

В нынешнее время для затравки бетона используются поверхностно активные вещества(ПАВ), которые хоть и удешевляют производство бетона, но в то же время сами по себе являются дорогостоящими. Для затравки в бетон, вместо ПАВ, предполагается использовать низкоосновные гидросиликаты кальция, что является более целесообразным и значительно удешевляет производство. В составе затравки главным компонентом будет опока, которая является легкодоступным материалом, в частности в нашем регионе. Кроме того, важным фактором является исследование возможности получения затравок при атмосферном давлении.

На основании вышесказанного установлено, что исследовательские работы по формированию низкоосновных гидросиликатов кальция(затравок) на основе опок требует дополнительного изучения. Этому способствуют природные физико-химические свойства опок, такие как: большое содержание аморфного кремнезема(до 75%) и высокая активность взаимодействия с известью(500мг/г CaO), что обеспечивает ее широкое применение [4, 5].

Фазовый состав изучался на дифроктометре Дрон-7. Все образцы являются полиминеральными смесями и представлены различными кристаллическими фазами в существенно различных концентрациях. Во всех образцах обнаружено значительное количество аморфной фазы (11-23%). В каждом из них можно выделить два основных компонента (кварц и кальцит) с концентрациями больше 15 масс. % и 4-5 примесных – с концентрациями меньше 15 масс. %.

В образцах основную массу составляет кристаллическая фаза, а именно кварц. В исходных компонентах основную долю массы составляет аморфные фазы содержащиеся в опоке, кристаллическая фаза содержится в малых количествах. Следовательно, в полученных образцах кристаллические фазы образовались вследствие химических взаимодействий и формирования групп гидросиликатов кальция.

Поэтапный процесс изготовления затравок:

- отбор и просушка компонентов
- замешивание и фасовка смеси
- обработка в пропарочной камере
- помол гидротированных составов

Были произведены и испытаны на прочность образцы бетона с добавлением одной из добавок, процентное содержание в образцах бетона варьировалось от 0 до 1 масс. %.

При проведении предварительных испытаний получены следующие прочностные результаты при различных количествах затравок:

-содержание затравки 0,2% масс., прочность 37,6МПа;
-содержание затравки 0,6% масс., прочность 29,1МПа;
-содержание затравки 1,0% масс., прочность 21,8МПа.

Исходя из результатов испытаний можно сделать вывод, что оптимальное содержание добавки в бетоне составляет 0,2 масс. %. Последующее увеличение добавки не даёт положительных результатов.

Полученные результаты показали, что оптимальное количество кристаллических затравок является порядка 0,2% масс. Кроме того, требуется определение остальных соотношений компонентов кристаллических затравок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://revolution.allbest.ru/chemistry/00645078_0.html
2. http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1493054862224
3. http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1493054895714
4. Грехов П.И., Церенщиков А.С. Сухая строительная смесь // Патент на изобретение № 2540176, заявка №2 013139806, приоритет изобр. 27 августа 2013 г. Зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 16 декабря 2014 г.
5. *Грехов П.И.* Исследование физико-механических характеристик асфальтобетона при введении модифицирующей добавки природного происхождения /

П.И. Грехов, С.В. Заводов // Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы (МНТ-2016); материалы III международной научной конференции студентов и молодых ученых [электрон. текстовые дан.]. Томск: Изд-во Томского гос. архит.-строит. ун-та. 2016. 937 с.

УДК 691:614

СНИЖЕНИЕ ГОРЮЧЕСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПЫЛЕВИДНЫХ ОТХОДОВ ПРЯДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В.Н. Смирнова, Т.Н. Вахнина, И.В. Сусоева

Научные руководители – Т.Н. Вахнина, канд. техн. наук, доцент; И.В. Сусоева, канд. техн. наук, доцент

Костромской государственный университет

В работе рассматривается влияние добавки фторида аммония на физико-механические и пожаробезопасные свойства композиционных плитных материалов на основе невозвратных пылевидных отходов прядения растительных волокон – хлопка и льна.

В работе определены плотность, прочность плит при статическом изгибе, разбухание по толщине за 24 ч, водопоглощение, степень повреждения по массе при горении в «керамическом коробе» образцов композиционного плитного материала.

Пылевидные отходы прядения растительных волокон обладают повышенной горючестью, поэтому для композиционных плит на их основе характерна высокая степень повреждения по массе при горении. Результаты исследования подтвердили, что возможно повышение огнезащищённости композиционных плитных материалов из отходов прядения путем использования галогеносодержащего замедлителя горения. Использование фторида аммония позволяет получить композиционный плитный материал из невозвратных пылевидных отходов прядения растительных волокон, отвечающий по потере массы при термическом воздействии группе горючести Г1 согласно ГОСТ 30244-94.

Ключевые слова: *хлопок,лен, отходы прядения, композиционные материалы, прочность при статическом изгибе, разбухание по толщине, водопоглощение, горение, потеря массы.*

DECOMPOSITION OF COMBUSTION OF COMPOSITES ON THE BASIS OF DUSTED WASTES OF STRETCHED PRODUCTION

V.N. Smirnova, T.N. Vachnina, I.V. Susoeva

Supervisors – T.N. Vachnina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; I.V. Sysoeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kostroma State University

The paper deals with the influence of ammonium fluoride additive on the physi-

co-mechanical and fire – proof properties of composite plate materials based on irrevocable pulverized waste spinning vegetable fibers-cotton and flax.

Density, strength of plates at static bending, swelling on thickness for 24 h, water absorption, degree of damage on weight at burning in "a ceramic box" of samples of composite plate material are defined in work.

The pulverized waste spinning plant fibers have a high Flammability, therefore, for composite plates based on them are characterized by a high degree of damage on the ground when burning. The results of the study confirmed that it is possible to increase the fire protection of composite plate materials from spinning waste by using a halogen-containing combustion retarder. The use of ammonium fluoride allows to obtain a composite plate material from irrevocable pulverized waste spinning vegetable fibers, corresponding to the loss of mass under thermal exposure to the group of combustibility G1 according to GOST 30244-94.

Keywords: *cotton, flax, spinning waste, composite materials, static bending strength, thickness swelling, water absorption, burning, mass loss.*

Вторичные отходы прядильных производств, так же как костра, солома, могут использоваться для изготовления теплоизоляционных строительных плитных материалов [1, 2]. Основным недостатком растительных материалов является их горючесть, способность распространять пламя с выделением большого количества тепла и токсичных газообразных продуктов горения. Пожарная безопасность строительных материалов регламентируется Федеральным законом № 123–ФЗ. Исходя из требований безопасности актуальны исследования в области снижения горючести материалов, используемых в строительстве зданий и сооружений. Потеря массы при термическом воздействии является важнейшей характеристикой горючести материалов [3].

В исследовании были изготовлены композиционные плиты теплоизоляционного назначения из безвозвратных пылевидных отходов прядения льняного и хлопкового волокна на основе карбамидоформальдегидного связующего по технологии древесноволокнистых плит мокрого способа производства.

Пылевидные отходы прядения, как и все целлюлозосодержащие растительные материалы, при тепловом воздействии проходят стадии пламенного горения, тления и карбонизации с образованием коксового остатка. Для повышения огнезащищенности материала на основе пылевидных отходов прядения необходимо введение в композицию добавок, препятствующих горению. В качестве замедлителя горения в исследовании использовался фтористый аммоний. Массовая доля добавки фторида аммония в композицию 10…30 %, контрольные образцы изготавливались без замедлителя горения.

Для изготовленных образцов плитных материалов определялись физико-механические показатели и потеря массы при горении. Так как нормативная документация на новый материал отсутствует, то для опре-

деления физико-механических показателей использовались методики для материала-аналога – ГОСТ 19592–80 «Плиты древесноволокнистые. Методы испытаний». Прочность при статическом изгибе определялась по результатам испытаний на машине РМ-5.

Показатели горючести определялись согласно требованиям ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть» в установке «керамическая труба» («керамический короб») по ГОСТ Р 53292-2009. Схема установки представлена на рис. 1. Для испытания образцы размером 150×60×30 мм взвешивались с точностью до 0,01 г и помещались в пламя газовой горелки, расход газа в которой отрегулирован с тем, чтобы температура поддерживалась в интервале 195…205 ^{o}C. Испытания проводились в течение 2 мин, регистрировались параметры при огневом воздействии. После испытаний образцы взвешивались и определялась потеря массы при горении.

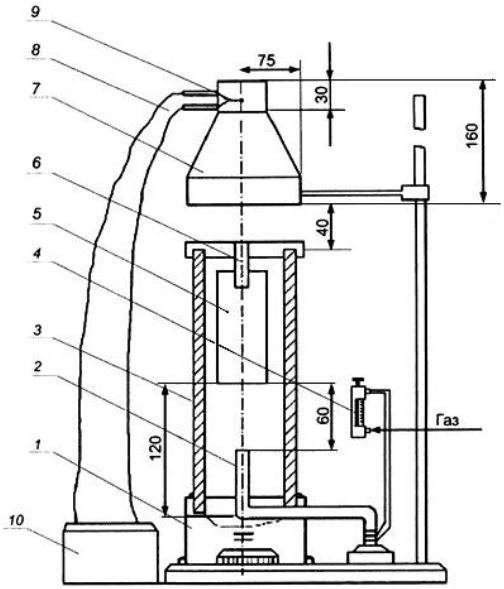


Рис. 1. Установка «Керамическая труба»:
1 – подставка; 2 – газовая горелка; 3 – керамический короб; 4 – ротаметр; 5 – образец; 6 – держатель образца; 7 – зонт; 8 – термоэлектрический преобразователь; 9 – верхний патрубок зонта; 10 – автоматический потенциометр

Результаты определения физико-механических свойств и показателей горючести образцов с добавкой NH_4F представлены в табл. 1. Нормативные значения параметров горючести строительных материалов (со-

гласно статье 13 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности») [4] представлены в табл. 2.

Таблица 1. Результаты определения показателей композитов из отходов прядения волокон*

Показатели	Значение показателя при доле добавки замедлителя горения в композицию, %			
	0	10	20	30
Плотность, кг/м^3	271/269	267/268	270/272	274/266
Прочность при статическом изгибе, МПа	0,54/0,43	0,5/0,4	0,38/0,31	0,29/0,20
Разбухание по толщине, %	0,8/0,9	0,9/1,0	1,3/2,4	1,8/3,8
Степень повреждения образцов по массе при горении, %	59,3/57,4	31,2/28,1	23,5/22,8	18,1/16,6
Продолжительность самостоятельного горения, с	11/6	0/0	0/0	0/0

* Над чертой для плит из льна, под чертой для плит из хлопка

Таблица 2. Параметры и группы горючести материалов

Группа горючести	Параметры горючести			
	Температура дымовых газов, °С	Степень повреждения по длине, %	Степень повреждения по массе, %	Продолжительность самостоятельного горения, с
Г1	≤ 135	≤ 65	≤20	0
Г2	≤ 235	≤ 85	≤50	≤30
Г3	≤ 450	>85	≤50	≤300
Г4	>450	>85	>50	>300

По результатам исследования композиционный плитный материал из пылевидных отходов прядения растительных волокон и карбамидоформальдегидного связующего без добавки замедлителя горения по показателям «степень повреждения по массе при горении» и «продолжительность самостоятельного горения» относится к группе горючести Г4.

Добавка фторида аммония в композицию более 30 % по массе нецелесообразна из-за снижения прочности плит. Результаты испытаний не показали значительного снижения водостойкости теплоизоляционного материала при введении в композит замедлителя горения. Разбухание по толщине образцов после 24 ч пребывания в воде не превышает 3,8 %.

Использование NH_4F позволяет снизить потерю массы при горении композита до 16,6…18,1 %, при удалении пламени образцы не поддерживают горения. Данные показатели соответствуют группе горючести Г1.

Таким образом, для изготовления теплоизоляционных композиционных плитных материалов из невозвратных отходов прядения растительных отходов рационально использовать связующее с добавкой замедлителя горения NH_4F, что позволяет получить материал с продолжительностью самостоятельного горения 0 с, со степенью повреждения по массе не более 20 %; значения показателей отвечают группе горючести материалов Г1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сусоева И.В.* Исследование физико-механических свойств строительных композиционных материалов на основе пылевидных лигноцеллюлозных отходов текстильных предприятий / И.В. Сусоева, Т.Н. Вахнина, А.М. Ибрагимов // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2016. № 1 (36). С. 73–75.

2. *Солдатов Д.А.* Теплоизоляционные материалы на основе соломы / Д.А. Солдатов, В.Г. Хозин // Известия КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 197–202.

3.*Асеева Р.М.* Горение древесины и ее пожароопасные свойства / Р.М. Асеева, Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков. М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. 262 с.

4. Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». СПС Гарант, 2010.

УДК 693.28

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ УКРУПНЕННЫХ СИЛИКАТНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ КЛАДКИ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Е.М. Бекова, М.В. Карякина, А.Б. Лебедев, Ю.М. Придатко

Научный руководитель – Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Разработаны основные технические решения для технологии каменной кладки из укрупненных силикатных блоков, в том числе для их транспортирования в зимних условиях.

Ключевые слова: *силикатный блок, пазогребневый блок, остывание блоков, клеевой шов, термоизолированный контейнер.*

DEVELOPMENT OF TRANSPORTATION TECHNOLOGY OF LARGE SILICATE BLOCKS FOR MASONRY IN WINTER CONDITIONS

E.M. Bekova, M.V. Karyakina, A.B. Lebedev, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor – Yu.M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The main technical solutions for the technology of masonry from enlarged silicate blocks, including their transportation in winter conditions, have been developed***.**

Keywords: *silicate block, apron block, cooling of blocks, adhesive masonry seam, thermally insulated container.*

Производство каменных работ в зимних условиях осложняется несколькими факторами, а именно:

- замедлением твердения строительного раствора и полным прекращением твердения при отрицательных температурах, вследствие замерзания воды затворения;
- образованием наледи и скоплением снега на каменных изделиях;

- деформациями шва при замерзании воды затворения в растворной смеси;

- ухудшением удобоукладываемости растворной смеси.

Для повышения качества строительства жилых зданий, повышения производительности труда при возведении каменных конструкций используют крупные блоки. Такие изделия размером 250х250х500 мм начали применять в Ярославской области. Их изготавливают из силикатных смесей путем автоклавирования.

Для создания монолитной конструкции из таких блоков для заполнения швов используют клеевые составы. Вертикальные швы не заполняют. Это позволяет возводить каменную конструкцию с толщиной клеевого шва до 3мм, по сравнению с кирпичной кладкой, где толщина шва составляет в среднем 12 мм. В зимних условиях такое уменьшение толщины растворного шва особенно благоприятно сказывается на снижении деформаций усадки кладки и ведет к повышению прочностных характеристик возводимых конструкций.

Разработанная нами технология основана на использовании тепловой энергии блоков для возведения каменных конструкций в зимних условиях. Для сохранения тепловой энергии в процессе их транспортирования предложено использовать термоизолированный контейнер.

Для определения возможности доставки на строительную площадку блоков с положительной температурой произведены замеры температуры каменных материалов при выходе из автоклава на заводе силикатного кирпича в городе Ярославль. В результате установлено, что температуру блоков, готовых к транспортированию, следует принимать равной 70 °С. Дальнейший анализ процессов остывания силикатных изделий с учетом температуры воздуха, скорости ветра, а также размеров пакета блоков, наличия упаковки и теплоизоляции произведен с помощью расчетной аналитической модели теплообмена с окружающим воздухом. На рис. 1 представлены результаты расчета продолжительности остывания в виде графиков, которые отражают зависимость температуры силикатных блоков от времени, параметров пакета, скорости ветра и температуры окружающего воздуха.

Из представленных графиков следует, что на скорость охлаждения неизолированных блоков большое влияние оказывает вынужденная конвекция, вызванная ветровым напором. При скорости ветра 5 м/с и при наружной температуре минус 8 ^{0}С время охлаждения таких блоков от 70 до 0 ^{0}С уменьшается по сравнению со скоростью ветра 0 м/с в 2,5 раза.

Теплоизоляция из пенополистирольных плит увеличивает время охлаждения блоков до 0 ^{0}С до 7 раз, что составляет для вышеназванных параметров наружного воздуха 13,5 суток. Функция утеплителя в этом случае заключается в исключении для поверхности блоков вынужденной

ветровой конвекции. При этом свободная конвекция заменяется на щелевую, а лучистый теплообмен ограничивается экранированием. Все это затрудняет тепловой поток от блоков в окружающее пространство.

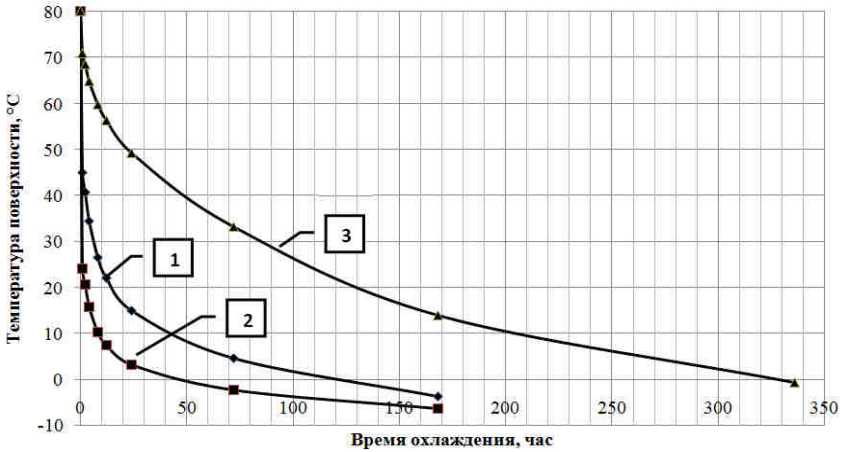


Рис. 1. Зависимость температуры силикатных блоков от времени остывания:

1 – пакет без теплоизоляции при скорости ветра 0 м/с;
2 - пакет без теплоизоляции при скорости ветра 5 м/с;
3 – пакет с теплоизоляцией из пенополистирола (толщина теплоизоляции 50 мм)

Охлаждение стены из силикатных блоков толщиной 250 мм весьма чувствительно к ветровой нагрузке. При скорости ветра 5 м/с интенсивность остывания блоков от 80 ^{0}С до 0 ^{0}С возрастает в 24 раза.

Установлено количество теплоты, которое теряется пакетом из 32 силикатных блоков с размерами 1х1х1 м и начальной температурой 80 ^{0}С в процессе охлаждения до достижения 0 ^{0}С по всему объему. Потери тепла при остывании блоков без теплоизоляции на 1 м^3 каменной кладки составляют 126720 кДж, что эквивалентно 4 кг условного топлива, при этом на конвекцию расходуется 89% всей теплоты. Таким образом, основная часть потерь приходится на конвекцию, имея ввиду, что на конвекционные потери тепла значительное влияние оказывает ветровой напор. Для снижения таких потерь тепла необходимо в процессе транспортирования и при производстве работ на строительной площадке предотвращать возможность воздействия ветра на блоки. Это возможно путем использования экранирующих систем. В качестве таких систем можно использовать строящийся объект, бытовой городок и т.п.

Для транспортирования предложено использовать специальные контейнеры с эффективной теплоизоляцией. Они позволяют защитить изделия от ветра и низких температур в зимнее время. Контейнеры устанавливают на бортовой автомобиль при помощи погрузчика либо крана. Возможно использование автомобиля-манипулятора.

Средняя дальность транспортирования в зависимости от состояния автомобильных дорог достигает от 20 до 30км, а температура блоков в момент разгрузки составляет от 50 до 60^0С. Возведение каменных конструкций из таких блоков позволяет ускорить процесс набора прочности клеем шва, а также продлевает время до замерзания раствора.

Такая технология не требует использования электропрогрева, химических противоморозных добавок, тепляков. При этом устраняется необходимость применения растворов повышенных марок. В результате можно добиться возведения каменных конструкций в зимних условиях с такими же характеристиками и с применением тех же материалов, что и в летних условиях. Это способствует сокращению и удалению возможных технологических простоев, а также существенному сокращению продолжительности и стоимости строительства за счет уменьшения накладных расходов и энергозатрат на термообработку каменной кладки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 70.13330.2012. «Несущие и ограждающие конструкции». М.: Минрегион России, 2012.
2. ГОСТ 379-2015. Кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные силикатные. Общие технические условия. - М., Стандартинформ, 2015.
3. СП 15.13330.2012. «Каменные и армокаменные конструкции».- М.: институт «НИЦ СТРОИТЕЛЬСТВО», 2002.
4. *Ищенко И.И.* Технология каменных и монтажных работ: Учебное издание. М.: Высшая школа, 1988. 336 с.
5. *Фокин, В.М.* Основы технической теплофизики / В.М. Фокин, Г.П. Бойков, Ю.В. Видин. М.: Изд-во Машиностроение-1, 2004. 172 с.

УДК 691.32

ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА БЕТОНА

Е.М. Бредерман, А.В. Урядова

Научный руководитель – А.В. Урядова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Исследуются гидрофобизирующие добавки, доступные в юго-восточной Нигерии, и их влияние на прочность и водопоглащение бетона. Наблюдалось значительное снижение скорости водопоглащения бетонов, содержащих различные добавки, по сравнению с контролируемым образцом без добавки.

Ключевые слова: *гидрофобизация, бетон, добавки, прочность на сжатие, водопоглащение.*

WATERPROOF CONCRETE ADDITIVES AND THEIR EFFECTS ON CONCRETE PROPERTIES

E.M. Brederman, A.V. Uryadova

Scientific Supervisor - A.V. Uryadova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

This study investigates some water proof additives available within south-east Nigeria, and their effect on the strength and water absorption rate of the concrete. There is a significant reduction in water absorption rate for all the concretes containing the various additives when compared with the controlled sample without additive.

Keywords: *waterproof, concrete, additives, compressive strength, water absorption*

Важнейшими конструктивными материалами современного капитального строительства являются бетон и железобетон.

Бетон (от фр. béton) — искусственный каменный строительный материал, получаемый в результате формования и затвердевания рационально подобранной и уплотнённой смеси, состоящей из вяжущего вещества (например, цемент), крупных и мелких заполнителей, воды.

Бетон известен более 4000 лет и особенно широко использовался в Древнем Риме. Италия — вулканическая страна, в которой доступны

компоненты для приготовления бетона, включая пуццоланы и лавовый щебень. Римляне использовали бетон в массовом строительстве общественных зданий и сооружений, включая Пантеон, купол которого является наиболее крупным в мире выполненным из неармированного бетона.

Вследствие упадка Западной Римской империи масштабное строительство монументальных зданий и сооружений сошло на нет, что сделало использование бетона нецелесообразным и в сочетании с общей деградацией ремесла и науки привело к утрате технологии его производства.

Современный бетон на цементном вяжущем веществе известен с 1844 года. Патент на изобретение портландцемента получил в 1824 году Джозеф Аспдин; а патент на «римский цемент» получил в 1796 году Джеймс Паркер.

Современное производство бетона тесно связано с широким использованием различных химических добавок. В промышленно развитых странах мира объем бетона с добавками составляет 25—90% и из года в год возрастает.

В настоящее время номенклатура добавок для бетонов составляет несколько сотен. Особое место среди них занимают гидрофобизирующие добавки, поскольку наличие пор и капилляров в теле бетона ставят вопрос о необходимости гидрофобизации и гидроизоляции сооружения с целью достижения главного эффекта – снижения водопоглощения, что является основой повышения долговечности бетона и его устойчивости к образованию высолов.

Согласно исследованиям Okere C.E., Nwankwo E.I., Arinze, B.C. & Osukalu E.J., опубликованным в статье «Waterproof Concrete Additives and Their Effects on Concrete Properties», гидрофобизирующие добавки нашли свое применение и в странах «третьего мира», таких как Нигерия.

Фундаменты и некоторые инженерные сооружения (подвалы, плотины, гидротехнические сооружения, дамбы, доки, тоннели, резервуары, стоки, бассейны) расположены ниже уровня грунтовых вод. Чтобы обеспечить их долговечность и прочность необходимо применять бетоны, способные препятствовать попаданию воды в поры.

Использование правильно подобранных гидрофобизирующих добавок позволяет снизить водопроницаемость бетона. Их применение уменьшает количество пор, а использование тонкодисперсного цемента, делает бетон более плотным. Кроме того, обычный бетон водопроницаем и, следовательно, для обеспечения долговечности бетонной конструкции, при эксплуатации в воде, необходимо использовать различные методы гидроизоляции бетонных конструкций.

В своем исследовании Okere C.E., Nwankwo E.I и др. определяют влияние гидрофобизирующих добавок на свойства бетона. Для этого было изготовлено 60 бетонных кубиков размером 150x150 мм с водоце-

ментным отношением 0,5 и соотношением компонентов цемент : мелкий заполнитель : крупный заполнитель 1:2:4 соответственно.

В этой работе использовался цемент Dangote из рядового портландцемента. Тип цемента PC 42.5 с удельным весом 3,21 г/см^3. Мелкий и крупный заполнители были получены из реки Отамири. Крупный заполнитель имеет максимальный размер 12.5 мм. Для опытов использовалась питьевая вода. Гидрофобизация образцов проводилась путем введения в бетонную смесь 4 вида различных добавок.

Для каждой добавки изготавливалось 12 кубиков. Также был изготовлен один контрольный кубик без добавок. Три кубика из каждой партии использовались для оценки водопоглощающих свойств бетона на 7, 14, 21, 28 сутки. Кубики изготавливались вручную в лабораторных условиях.

Кубики взвешивались и погружались в воду на 24 часа. При удалении из воды они были повторно взвешены, чтобы определить количество поглощенной воды. Водопоглощение рассчитывалось как разница по массе образца до и после погружения в воду за указанный период, выраженный в процентах от массы до погружения. Для каждого периода времени было выполнено по три измерения и за водопоглощение было принято среднее значение.

Также по три кубика из каждой партии испытывались на прочность при сжатии на 7, 14, 21, 28 сутки. Для образцов была определена разрушающая нагрузка на прессе и рассчитана прочность на сжатие из уравнения:

$$F_C = P / a,$$

где F_C = прочность на сжатие, МПа;

P = разрушающая нагрузка, тс;

a = площадь поперечного сечения образца, см^2;

Для каждой точки измерения были испытаны по три кубика и прочность на сжатие принята, как среднее между прочностями.

Из результатов, проведенных испытаний, можно сделать вывод, что добавки оказывают значительное влияние на свойства бетона.

Скорость водопоглощения значительно снижается для всех образцов бетона, содержащих различные добавки, по сравнению с контрольным образцом без добавок. В течение 28 суток скорость водопоглощения бетона с добавками колеблется от 1,71 до 4,65%, в то время как у контрольного образца – 14,4%. По мере твердения бетоны с добавками поглощают воду медленнее, чем контрольный образец. Это означает, что все добавки, рассматриваемые в этом исследовании, действительно по своей природе гидрофобизирующие.

Общая прочность на сжатие бетона с добавками, за исключением прочности через 28 дней, находится в пределах 25 – 30 МПа, как и контрольный образец. По мере твердения бетона, применяемые добавки, не оказывают отрицательного влияния на прочность бетона, при этом некоторые образцы показали повышенную прочность.

Также стоит отметить, что результаты, представленные в этом исследовании, проведены для бетона, изготовленного вручную и твердевшего в лабораторных условиях, где имеет место человеческий фактор. Предполагается, что при механизированном изготовлении будут получены лучшие результаты и повышенная прочность.

Обобщая изложенное учеными Okere C.E., Nwankwo E.I и др. о влиянии добавок, доступных в юго-западной части Нигерии, можно сделать следующие выводы:

1. Бетон был изготовлен с использованием четырех различных гидрофобизирующих добавок, имеющихся в юго-восточной Нигерии.

2. Контрольный бетонный образец производился без гидрофобизирующих добавок.

3. Коэффициент водопоглощения и прочности при сжатии определяли на 7, 14, 21 и 28 сутки.

4. Значительно снижается скорость водопоглощения для всех бетонных образцов, содержащих различные добавки, по сравнению с контрольным образцом без добавок. Следовательно, все добавки, рассматриваемые в этом исследовании, по своей природе гидрофобизирующие.

5. В целом добавки не оказывают отрицательного влияния на прочность бетона, а некоторые бетонные образцы имеют повышенную прочность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Соловьев В.И.* Бетоны с гидрофобизирующими добавками. Алма-ата: Наука, 1990. 112 с.

2. Waterproof concrete additives and their effects on concrete properties [Электронный ресурс] / C.E. Okere, E.I. Nwankwo, B.C. Arinze & E.J. Osukalu. Режим доступа: http://www.jmest.org/wp-content/uploads/JMESTN42352263.pdf

УДК 620.9

РАДИАЦИОННЫЙ КЛИМАТ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КРОВЕЛЬ

Е.М. Бредерман, Е.Н. Загрузина, А.Б. Лебедев

Научный руководитель – А.Б. Лебедев, канд. биол. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Исследована потенциальная способность солнечной радиации повысить эффективность антиобледенительных систем кровель.

Ключевые слова: *радиационный климат, солнечная энергия, энергоэффективность, антиобледенительные системы.*

RADIATION CLIMATE AS A FACTOR OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF ANTI-GLOBAL SYSTEMS ROOFS

E.M. Brederman, E.N. Zagrusina, A.B. Lebedev

Scientific Supervisor – A.B. Lebedev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The potential ability of solar radiation to increase the efficiency of anti-icing roof systems have been studied.

Keywords*: radiation climate, solar energy, energy efficiency, anti-icing systems.*

Антиобледенительные системы кровель являются эффективным средством, предохраняющим крышу от образования наледей, сосулек и закупорки отводящих воду устройств (желобов, внешних и внутренних водостоков и др.). Основным элементом антиобледенительной системы является электрический греющий кабель, укладываемый на путях удаления воды с кровли, где выделяемое им тепло не позволяет образоваться ледяным пробкам. Потребляемая электрическая мощность греющего кабеля составляет 25–30 Вт/м погонный [1].

В настоящей теоретической работе исследовали потенциальную способность солнечной радиации повысить эффективность кровельных антиобледенительных систем.

По данным [2, т. 4а] суммарная солнечная радиация в зимний период (ноябрь - март) на горизонтальную поверхность при безоблачном небе для Европейской части РФ равна следующим величинам (табл. 1).

Таблица 1

Географическая широта	Солнечная радиация в зимние месяцы, МДж/м^2				
	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
44 ^{0}сш (Сочи)	308	234	261	365	603
56 ^{0}сш (Москва)	127	84	113	220	467
64 ^{0}сш (Архангельск)	56	-	35	134	405

По [3, п. 5.2] для IV снегового района нормативная снеговая нагрузка составляет 280 кг/м^2. Примем равномерное распределение снежных осадков по зимним месяцам, тогда на один зимний месяц приходится 280/5 = 56 кг/м^2 снега.

Физические показатели воды и льда приведены в табл. 2 [4].

Таблица 2

Показатель	Вода	Лед
Теплота плавления, $\Delta H_{пл}$, кДж/кг	-	332,4
Удельная теплоемкость, с, кДж/(кг·К)	4,186	2,038

Примем температуру льда $t_{лед}$ = – 10 ^{0}С на кровле зимой и вычислим количество теплоты, необходимое для перевода 56 кг льда в воду с температурой + 5 ^{0}С:

$$Q_{\text{лед}-\text{вода}} = 56 \cdot 2{,}038 \cdot 10 + 56 \cdot 332{,}4 + 56 \cdot 4{,}186 \cdot 5 = 20928 \text{ кДж}.$$

Полученное значение $Q_{\text{лед-вода}} \approx 21$ МДж меньше всех приведенных в таблице 1 величин солнечной радиации и составляет для широты г. Москвы ~5 – 25% от суммарного значения. При сплошной облачности диффузная радиация на горизонтальную поверхность составляет примерно 1/5 от радиации при безоблачном небе [5] и ее значение для широты 56 ^{0}сш и южнее также сопоставимо с вычисленной для плавления льда.

Таким образом, по проведенным расчетам использование солнечной радиации со 100%-ным или близким к таковому КПД может полностью или частично сократить расход электроэнергии для противообледе-

нительных систем кровли. Указанную задачу можно решить устройством верхнего слоя кровельного ковра из фотоселективных и фотоэлектрохимических материалов, обладающих как большим коэффициентом поглощения солнечной радиации, так и способностью генерировать элетроэнергию, которая может быть направлена в греющие кабели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по применению противообледенительных устройств на кровлях с наружными и внутренними водостоками для строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданий. М: Москомархитектура, 2004. 43 с.
2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. М.: Минрегион России, 2012.
3. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: Госстрой, ФАУ "ФЦС", 2017.
4. Физическая энциклопедия / Гл. ред. Ф.М. Прохоров. М.: Сов. энциклопедия. Т. 1, 1988. 704 с.
5. *Гусев Н.М.* Основы строительной физики. Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1975. 440 с.

УДК 691.421-431

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БИОПОЛИМЕРНОЙ ДОБАВКОЙ ГЛИНЯНОЙ ФОРМОВОЧНОЙ МАССЫ

Е.А. Гавриличева, В.А. Киселева, А.Б. Лебедев, Ю.М. Придатко

Научные руководители – А.Б. Лебедев, канд. биол. наук, доцент; Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Исследованы теплопроводность и паропроницаемость стеновой керамики из пресс-порошков, модифицированных биополимерной добавкой.

***Ключевые слова**: стеновая керамика, пресс-порошок, модификация, биополимерная добавка.*

THERMOTECHNICAL PROPERTIES OF WALL CERAMICS MADE OF MODIFIED BY BIOPOLYMER ADDITIVE OF CLAYING FORMING MASS.

E.A. Gavrilicheva, V.A. Kiseleva, A.B. Lebedev, Y.M. Pridatko

Scientific Supervisors – A.B. Lebedev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; Yu.M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The thermal conductivity and vapor permeability of ceramics wall made of a molding mass modified with a biopolymer additive were studied.

***Keywords:** wall ceramics, molding mass, modification, biopolymer additive.*

Прессование пластифицированных органическими добавками формовочных масс увеличивает число контактов между частицами (с последующим их уменьшением при упругом расширении прессовки), а при завершающем обжиге и выгорании органических пластификаторов железистые компоненты природной глины в условиях восстановительной среды переходят в закисную форму, образуя легкоплавкие жидкотекучие

железистые стекла, что способствует получению более плотного и прочного черепка [1]. Названная сложная последовательность физико-химических процессов может изменить характер пористости черепка (отношение замкнутых и сквозных пор), теплопередачу на контактах керамических частиц и другие теплотехнические показатели.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния пластифицирующей биополимерной добавки на основе бактериальных экзогликанов в формовочную массу из глины Пужбольского месторождения на паропроницаемость и теплопроводность стеновой керамики.

Образцы опытной и контрольной серий (5 образцов в каждой серии) из пресс-порошка с влажностью 8% и содержанием биополимерного пластификатора 10% формовали при давлении 31,5 МПа, сушили до постоянной массы при 110 ^{0}С и обжигали в муфельной печи при температуре 950˚С печи в течение 2 часов.

Паропроницаемость обожженных образцов определяли методом «сухой чашки» по ГОСТ 25898-2012 с гранулированным безводным $CaCl_2$ в качестве влагопоглотителя. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Серия образцов	
	контроль	опыт
Коэффициент паропроницаемости, μ, мг/(м·ч·Па)	0,0823 ± 0,0017	0,0875 ± 0,0075
Дисперсия выборки, s^2, (мг/(м·ч·Па))^2	$0{,}38\cdot 10^{-6}$	$7{,}27\cdot 10^{-6}$
Ошибка разности средних значений, s_d , мг/(м·ч·Па)	0,0028	
t-критерий Стьюдента табличный для серий с числом степеней свободы (5-1) + (5-1) = 8 и уровнем значимости 5%	2,31	

Ошибка разности средних значений s_d коэффициента паропроницаемости в таблице 1 для равночисленных контрольной и опытной выборок равна:

$$s_d = \sqrt{s_{\text{о}}^2 + s_{\text{к}}^2} = \sqrt{(7{,}27 + 0{,}38)\cdot 10^{-6}} = 0{,}0028\ .$$

По средним значениям коэффициента паропроницаемости образцы с биополимерной добавкой на ~6% более паропроницаемы, однако расчетный критерий Стьюдента $t_{\text{р}}$:

$$t_{\text{р}} = \frac{|\mu_{\text{о}} - \mu_{\text{к}}|}{s_d} = \frac{|0{,}0875 - 0{,}0823|}{0{,}0028} = 1{,}86$$

меньше табличного *t*-критерия, что не подтверждает гипотезу о различии данных по паропроницаемости в контрольной и опытной сериях [2].

Коэффициент теплопроводности сухих образцов определяли методом стационарного теплового потока на электронном измерителе ИТП-МГ4. Результаты измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатель	Серия образцов	
	контроль	опыт
Средняя плотность образцов, кг/м^3	2011 ± 19	2027 ± 30
Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/(м·^{0}С)	0,598 ± 0,08	0,634 ± 0,11
Дисперсия выборки, s^2, (Вт/(м·^{0}С))^2	0,0009	0,0050
Ошибка разности средних значений, s_d , Вт/(м·^{0}С)	0,0768	
t-критерий Стьюдента табличный для серий с числом степеней свободы (5-1) + (5-1) = 8 и уровнем значимости 5%	2,31	

Из данных таблицы 2 расчетное значение критерия Стьюдента $t_р$ = 0,47, что много меньше табличного значения, и различие результатов контрольной и опытной серий является недостоверным.

Таким образом, проведенные испытания показали отсутствие статистически достоверных различий в значениях коэффициентов паропроницаемости и теплопроводности образцов стеновой керамики, приготовленных из исходной и пластифицированной биодобавкой глиняной формовочной массы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чаус К.В.* Технология производства строительных материалов, изделий и конструкций: Учебник для вузов / К.В. Чаус, Ю.Д. Чистов, Ю.В. Лабзина. М.: Стройиздат, 1988. 448 с.
2. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.

УДК 693.2

ОДНОРОДНОСТЬ ОДНОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ШТУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.С. Егоров, Ю.М. Придатко

Научный руководитель - Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья посвящена необходимости и способам соблюдения теплотехнической однородности ограждающей конструкции однослойных стен выполненных из штучных материалов

Ключевые слова: *теплотехника, энергоэффективность, стеновые материалы, раствор, однородность, однослойная конструкция.*

THE HOMOGENEITY OF THE SINGLE-LAYER ENCLOSING STRUCTURES MADE OF HARD BLOCK MATERIALS

E.S. Egorov, Yu. M. Pridatko

Scientific Supervisor - Yu. M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to the necessity and methods of observance of thermal uniformity of the enclosing structure of single-layer walls made of hard block materials

Keywords: *heat engineering, energy efficiency, wall materials, mortar, uniformity, single-layer construction.*

Одним из важных требований существующего Свода Правил [1] является поддержание комфортного температурно-влажностного режима здания. При возведении наружных стен из штучных материалов это возможно осуществить за счёт использования энергоэффективных изделий. Энергоэффективные изделия позволяют снизить расход энергии на обогрев помещения за счёт уменьшения утечек тепла в окружающую среду.

Это происходит благодаря высоким теплоизоляционным характеристикам. В настоящее время к таким современным изделиям относят: пустотелые керамические кирпичи и камни, газо-, пено-бетонные, газосиликатные блоки и другие подобные материалы. Однако, раствор, скрепляющий такие материалы, тоже должен обладать соответствующими теплотехническими характеристиками.

В таблице 1 представлены теплотехнические характеристики стен зданий толщиной 510 мм из современных изделий и строительного раствора. Расчёт выполнен в соответствии с характеристиками [1, табл. Т.1].

Таблица 1 Сравнение теплотехнических характеристик стен

Наименование материала	Плотность, ρ_0, кг/м^3	Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, R, м^2·°С/Вт	ΔR_1, м^2·°С/Вт	ΔR_2, м^2·°С/Вт
Газо- и пенобетон	400 … 1000	3,4…1,18	2,86…0,64	2,77…0,55
Газосиликат	500 … 1000	1,82…0,93	1,28…0,39	1,19…0,30
Кирпич глиняный обыкновен-ный	1800	0,63	0,09	0
Силикатный кирпич обыкновенный	1800	0,59	0,05	0,04
Керамический пустотелый 1000 кг/м^3 (брутто)	1200	0,98	0,44	0,35
Примечаения: характеристики материалов представлены для условия эксплуатации В; ΔR_1 - разница сопротивлений теплопередаче стенового материала и цементно-песчанного раствора (0,54 м^2·°С/Вт); ΔR_2 - разница сопротивлений теплопередаче стенового материала и известково-песчанного раствора (0,63 м^2·°С/Вт).				

Из сравнения характеристик материалов следует, что использование обыкновенного силикатного или керамического кирпича позволяет получить теплотехнически однородную конструкцию (разность в теплопроводностях незначительна). Однако, для соблюдения требований комфортного температурно-влажностного режима [1] в северных районах нашей страны необходимо увеличить толщину стены в 3-4 раза относительно требования по прочности, что не является рациональным.

При применении энергоэффективных материалов со строительным раствором на основе минерального вяжущего разность их теплопровод-

ности значительна. Раствор в таких конструкциях выступает в качестве «теплового мостика». В результате его появления нарушается температурно-влажностный режим здания, что приводит к снижению температуры помещения и увеличению расхода энергии на отопление в холодный период года и перегреву в тёплый период. Это отрицательно сказывается не только на комфортности, но и на долговечности здания. Тепловой мостик является причиной конденсации влаги на значительной части толщины стены, в том числе, и на ее поверхности. Из-за подобного переувлажнения повышается теплопроводность стены, и она промерзает на большую глубину. Это приводит к снижению ее долговечности.

Различие в тепловодности каменных изделий и раствора в швах приводит к неоднородности теплового поля, как по площади, так и глубине стены. В результате появляются дополнительные касательные напряжения в местах сопряжения разнородных материалов. Это в первую очередь связанно с возникающими температурными деформациями (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты линейного расширения [2 табл. 1], [3, табл 10.12]

Материал	Коэффициент линейного теплового расширения, 10^{-6} м/(м°С)
Раствор цементно-песчанный	10,40
Раствор известково-песчаный	9,00
Силикатный кирпич	8,00
Клинкерный кирпич	3,50
Газобетонные блоки	8,00

Для возведения стен из крупных силикатных блоков согласно требованиям [4 п. 9.7.3] следует использовать клеевые или обычные растворы. Использование клеевого раствора позволяет уменьшить толщину шва до 2-3 мм (средняя стандартная толщина шва из строительного раствора 12 мм). Значительное уменьшение толщины шва позволяет получить ограждающую конструкцию без мостиков холода, т.е. теплотехнически однородную. Однако способы возведения кладки с помощью клеевых растворов имеют ряд недостатков. Наиболее характерные из них следующие:

Повышение требований к геометрии и качеству внешней поверхности блока ввиду значительного уменьшения толщины шва. Производителям изделий необходимо соблюдать требования I категории блоков [5,

табл 2]. Аналогично повышается ответственность при выполнении входного контроля на строительной площадке.

Клеевой раствор не рекомендуют применять при возведении стен из крупноформатных керамических пустотелых камней [4 п. 9.6.4], что ограничивает область его применения.

Одним из альтернативных решений теплотехнической однородности стен из теплоизоляционных материалов является использование строительных растворов с повышенными теплотехническими характеристиками.

Достигнуть уменьшения коэффициента теплопроводности можно с помощью применения теплоизоляционного наполнителя. Например, использование мелкодисперсных отходов производств связанных с обработкой древесины. Теплопроводность сосны вдоль волокон составляет 0,35 Вт/(м·℃), поперёк волокон 0,18 Вт/(м·℃) [1, табл. Т.1]. Так как ориентацию частиц в пространстве невозможно регулировать, то следует принять среднюю теплопроводность, которая составляет 0,27 Вт/(м·℃). Ввод мелкодисперсного древесного наполнителя в растворную смесь позволит регулировать теплоизоляционные характеристики получаемого раствора. Например, ввод 0,1 доли древесного наполнителя в известковый раствор снижает теплопроводность изделия на 21%. Выравнивание теплотехнических характеристик стеновых материалов позволит получить однородные ограждающие конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Введ. 01.07.2013. М.: Минрегион России, 2012;
2. В. Блази. Справочник проектировщика. Строительная физика. М: Техносфера, 2004. 480 с.
3. Физические величины: справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братовский и др. М: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.
4. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. Введ. 01.07.2013. М.: Госстрой, 2013.
5. ГОСТ 31360-2007 Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения. Технические условия. Введ. 01.01.2009. М.: Стандартинформ, 2008.

УДК 693.547

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛИНОЗЕМА В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ В ОБЫЧНОМ СЕРОСОДЕРЖАЩЕМ БЕТОНЕ

Е.Н. Загрузина, А.В. Урядова

Научный руководитель – А.В. Урядова, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье представлена возможность использования порошка оксида алюминия в качестве наполнителя или замены серы в серосодержащем бетоне. В этом исследовании делается попытка исследовать механические свойства серосодержащего бетона, изготовленного из глинозема в качестве наполнителя. Различные пропорции смеси предназначены для дальнейшего исследования. Во всех бетонных смесях не включается ни цемент, ни вода. Рассматриваются основные механические свойства, такие как прочность на сжатие и растяжение.

Ключевые слова: *порошок глинозема, прочность на сжатие, наполнитель, сера, серобетон, прочность на растяжение*

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON THE USE OF ALUMNA AS FILLER MATERIAL IN ORDINARY SULFUR CONCRETE

E.N. Zagruzina, A.V. Uryadova

Scientific Supervisor – A.V. Uryadova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The paper presents the possibility of using aluminum oxide powder as a filler or sulfur substitute in sulfur-containing concrete. This study tries to investigate the mechanical properties of sulfur concrete made with alumina as filler material. Different mix proportions are designed for further investigation. In all the concrete mixtures, neither cement nor water is included. Essential mechanical properties such as compressive and tensile strengths are examined.

Keywords: *alumina powder, compressive strength, filler, sulfur, sulfur concrete, tensile strength.*

Серный бетон - это бетон, в котором вместо цемента используется серное вяжущее, при изготовлении которого энергозатраты снижаются в

1,5…2,5 раза по сравнению с энергозатратами на производство цемента, повышается экологическая безопасность, снижаются капитальные затраты на организацию производства до 50%, себестоимость продукции в 2,5…3 раза. Для улучшения свойств бетонной смеси и бетона в состав вяжущего вещества можно вводить антипирены, антисептики, ПАВ, стабилизирующие и комплексные добавки. С применением серного вяжущего можно изготавливать плотные, пористые, крупнопористые и ячеистые бетоны, особо тяжелые, тяжелые и легкие бетоны, растворы и мастики.

Бетон является одним из наиболее широко используемых строительных материалов в мире.Производство портландцемента, который является неотъемлемой частью бетона, приводит к выбросу значительного количества CO_2 в атмосферу. Цементная промышленность производит от 5 до 8% атмосферного CO_2 в мире. Этот CO_2, как утверждается, приводит к глобальному потеплению. Одной из лучших альтернатив этому является производство цементно-серосодержащего связующего для производства бетона.

Хотя часть серы потребляется в качестве компонента в промышленных химикатах, большая часть материала остается неиспользованной или экспортируется по низким ценам. Кроме того, количество произведенной во всем мире серы значительно превышает спрос на серу**.** Ожидается, что производство будет расти в будущем, и удаление отходов станет основной угрозой, если для этого не будет подготовлен встречный план. В качестве инновационного решения для увеличения выбросов серы использование серы в качестве компонента композитных строительных материалов, таких как асфальт и бетон, представляет большой интерес. В частности, сера может использоваться для замены всего цемента и воды в бетоне, чтобы действовать в роли связующего вещества в бетоне: сера, расплавленная теплом, связывает заполнители и наполнители вместе и образует стабильный твердый бетон.

Бетоны серы или серосодержащие материалы представляют собой высокоэффективные термопластичные композиционные материалы из минерального заполнителя, наполнителя и серы в качестве связующего вместо цемента и воды, как и в портландцементном бетоне, при температуре выше температуры твердения серы (120 °C).

Известно, что максимальная рабочая температура без значительной потери прочности и жесткости серобетона составляет 93-100 ° С, в зависимости от состава смеси.

Однако серобетон, изготовленный из немодифицированной серы, имеет ограничения для практического использования, поскольку он обладает более низкими свойствами, такими как более низкая водостой-

кость и более высокая хрупкость, чем обычный бетон. Чтобы преодолеть эти ограничения, элементарная сера превращается в реакцию с ненасыщенным углеводородом (например, дициклопентадиеном), с целью получения стабильной модифицированной серы путем образования длинноцепочечных полимерных реакций.

Кроме того, серный бетон может достигать высокой прочности на сжатие, присущей самой сере, и он достигает 70-80% прочности на сжатие в течение 24 часов. Преимущества серобетона над портландцементным бетоном - быстрое твердение, время схватывания менее 24 часов, достижение максимальной прочности в течение 3 дней, высокая прочность и усталостная прочность; очень низкая водопроницаемость, высокая устойчивость к кислотам и солевым воздействиям, что позволяет использовать его в экстремально агрессивных средах и может быть переработано. Этот материал позволяет использовать большое количество серы из мировых нефтеперерабатывающих заводов и металлургической промышленности.

Для получения модифицированного серосодержащего бетона ненасыщенный углеводород, дициклопентадиен и серу расплавляют в интервале температур от 120 °C до 140 °C в течение 30 мин, а затем быстро охлаждают и дают полученному серному полимеру затвердеть.

В этом исследовании в качестве наполнителя использовался оксид алюминия, который является химическим соединением алюминия и кислорода.

Процентная доля содержания серы рассчитывалась в виде порошка, а не в расплавленном состоянии. Выбранное соотношение смеси включает 34% серы, 36% крупного заполнителя и 32% мелкого заполнителя. Все коэффициенты выражены в процентах от объема.

Образцы серобетона изготовлены с использованием рекомендаций, приведенных ACI 548.2R-93.

В экспериментальном исследовании этой работы, сера в серном бетоне была заменена порошком оксида алюминия в процентах от 20% до 30% с приростом в 10%. Затем были изготовлены образцы из серобетона. Затем все образцы распалубили через 6 часов, после чего их хранили в условиях окружающей среды. Такие образцы можно испытывать на прочность на 3-й день, поскольку они достигают 100% прочности в течение трех дней. 90% прочности образцы достигают за 1 день.

Была проведена серия испытаний на серосодержащем бетоне и на основе оксида алюминия. Для оценки механических свойств проводились испытания прочности на сжатие образцов на основе оксида алюминия, а

также испытания прочности на разрыв при растяжении. Затем все результаты испытаний сравнивали с обычными концентрациями серы.

Прочность на сжатие серосодержащего бетона с различным процентным содержанием порошка оксида алюминия различна. Было видно, что наполнитель имеет существенное влияние на прочность на сжатие. Добавление глинозема в качестве наполнителя увеличивает прочность обычного серосодержащего бетона. Это, вероятно, связано с лучшим распределением частиц по размерам и упаковкой бетонных компонентов, которые были получены в результате добавления оксида алюминия.

Влияние порошка оксида алюминия на прочность на растяжение серосодержащего бетона также различно. Из результатов испытаний можно сделать вывод, что на прочность на растяжение серобетона также влияло добавление порошка оксида алюминия.

На основе различных экспериментальных работ сделаны следующие выводы:

1. Прочность на сжатие серного бетона увеличилась с увеличением количества порошка глинозема до 12% замены. После замены на 12% прочность на сжатие уменьшилась.

2. В отличие от прочности на сжатие прочность на растяжение серного бетона также увеличивается, но только с небольшим увеличением количества порошка глинозема до 12% замены.

3. Водопоглощение серного бетона сократилось с 4,4% до 2,1% при замене серы порошком оксида алюминия с 6% до 12%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Varsha Shaji, Chinku Alphons Tom //* Международный журнал научно-технических исследований. Том 8, выпуск 3, с. 1044-1047, 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ijser.org/onlineResearchPaperViewer.aspx? Experimental-investigation-on-the-use-of-alumina-as-filler-material-in-ordinary-sulfur-concrete.pdf

УДК 691.32

УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТОНКОМОЛОТОЙ СЕРОЙ

Е.Н. Загрузина, Е.М. Бредерман, А.Б. Лебедев

Научный руководитель – А.Б. Лебедев, канд. биол. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Исследованы динамическая вязкость водно-этанольных серных паст и удобоукладываемость цементных строительных смесей, модифицированных серой.

Ключевые слова: *серная паста, динамическая вязкость, строительные смеси, удобоукладываемсть.*

THE PLACEABILITY OF CEMENT BUILDING MIXES MODIFIED WITH FINELY DISPERSED SULFUR

E.N. Zagrusina, E.M. Brederman, A.B. Lebedev

Scientific Supervisor – A.B. Lebedev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The dynamic viscosity of water-ethanol sulfur pastes and the placeability of cement building mixes modified with sulfur have been studied.

Keywords*: sulfur paste, dynamic viscosity, building mixes, placeability.*

При введении тонкодисперсных добавок в цементные строительные смеси могут наблюдаться противоположные эффекты:

- хорошо смачиваемые водой микронаполнители с собственной водопотребностью (молотые золы и шлаки, каменная мука) увеличивают структурную вязкость смеси, что учитывают при проектировании составов подобных смесей [1];
- редиспергируемые полимерные порошки (РПП) уменьшают вязкость и повышают удобоукладываемость, что связывают с «эффектом

шарикоподшипников», в качестве которых выступают эластичные резиноподобные микрочастицы полимерной дисперсии [2].

В настоящей работе исследовали влияние добавки тонкомолотой серы на удобоукладываемость мелкозернистой цементной бетонной смеси. Добавку серы в смесь применяли с целью объемной гидрофобизации бетона. Так как сера совершенно несмачивается водой (краевой угол смачивания 102^0 и по гидрофобности сера подобна фторопласту и парафину), то в смесь ее вводили в виде гомогенной вязкой пасты в 60%-ном этаноле.

Методом капиллярной вискозиметрии была определена при 20 ^{0}С динамическая вязкость серных паст с различным массовым отношением сера : этанол от 1 : 2 до 2 : 1 масс.д. с объемной концентрацией порошка серы в пастах до 0,49 об. д. Результаты измерений представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1. Динамическая вязкость серно-этанольных паст

сера : этанол, масс.д.	Объемная концентрация серы, об.д.	Динамическая вязкость пасты, $\eta_п$, мПа·с	Относительная вязкость, $\eta_п$/ $\eta_{эт}$
1: 2	0,20	27,5	22,9
1 : 1,5	0,26	93,1	77,6
1 : 1	0,33	739,9	616,6
2 : 1	0,49	151071,0	125892,5

Рис. 1. Зависимость относительной вязкости пасты от концентрации серы

По численным значениям динамическая вязкость паст с содержанием серы до 0,26 об. д. сопоставима с вязкостью красок и эмалей, с содержанием серы до 0,33 об. д. – с вязкостью загущенных смазок, а при содержании серы 0,49 об. д. вязкость пасты примерно соответствует вязкости цементного теста с В/Ц = 0,6…0,7.

Методами ортогонального планирования второго порядка [3] исследовали влияние дозировки серы и цементно-водного отношения на удобоукладываемость мелкозернистой бетонной смеси, которую оценивали по величине погружения в смесь стандартного конуса СтройЦНИЛ. Дозировку серы [S] варьировали от 0 до 20% масс. от расхода цемента, цементно-водное отношение в смеси [Ц/В] от 1,32 до 1,62.

Матрица планирования и среднее значение функции отклика представлены в табл. 2, а статистические показатели работоспособности математической модели – в табл. 3.

Таблица 2. Ортогональный план второго порядка

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	x_1*	x_2*	Среднее значение ПК, см
1	1	-1	1	-1	0,33	0,33	4,5
2	1	1	1	1	0,33	0,33	3,9
3	1	-1	-1	1	0,33	0,33	12,3
4	1	1	-1	-1	0,33	0,33	8,1
5	1	$-a$	0	0	0,33	-0,67	9,4
6	1	a	0	0	0,33	-0,67	6,1
7	1	0	a	0	-0,67	0,33	3,9
8	1	0	$-a$	0	-0,67	0,33	10,1
9	1	0	0	0	-0,67	-0,67	6,5

Таблица 3. Статистические показатели работоспособности математической модели

Показатель		Значение показателя для уравнения регрессии
G- критерий однородности строчных дисперсий	$G_{расч}$	0,21
	$G_{табл}$	0,64
Дисперсия адекватности	s^2_{ad}	0,28
Дисперсия воспроизводимости	$s^2_{гер}$	0,07
F-критерий адекватности модели	$F_{расч}$	3,75
	$F_{табл}$	4,07

Для функции отклика получено следующие уравнения регрессии (в кодированных значениях факторов):

$$ПК = 7{,}18 - 1{,}36[S] - 3{,}02[Ц/В] + 0{,}91[S][Ц/В] + 0{,}47[S]^2 - 0{,}31[Ц/В]^2$$

Вид поверхности отклика в исследованном факторном пространстве приведен на рис. 2.

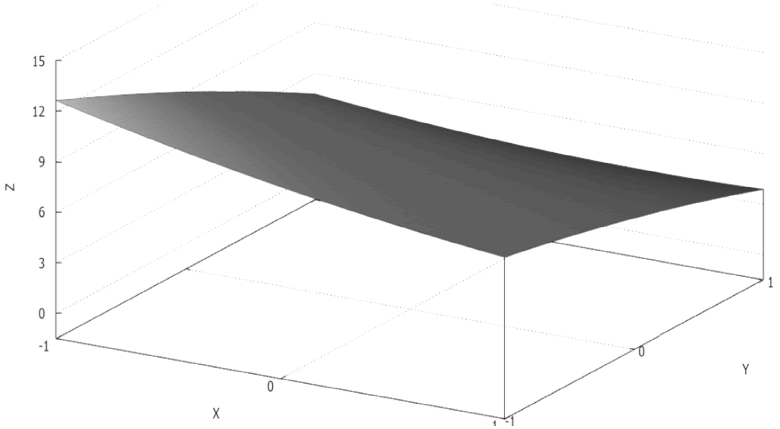


Рис. 2. Поверхность отклика зависимости удобоукладываемости смеси от дозировки серы и цементно-водного отношения

Из анализа значений коэффициентов регрессионной модели следует, что добавка серы в бетонную смесь, как и увеличение Ц/В-отношения, повышает структурную вязкость смеси, однако эффективность ее влияния на удобоукладываемость примерно в 3 раза меньше, чем изменение в смеси расходов воды и цемента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона: Учеб. пособие для технол. спец.строит. вузов. 2-е изд., перераб. М.: Высш. шк., 1987. 415 с.
2. *Корнеев В.И.* Словарь «Что» есть «что» в сухих строительных смесях / В.И. Корнеев, П.В. Зозуля. СПб.: НП «Союз производителей сухих строительных смесей», 2005. 312 с.
3. Планирование эксперимента в решении технологических задач строительства: Методические указания для практических занятий и выполнения контрольной работы для студентов направлений 08.03.01, 08.04.01 «Строительство» по дисциплине «Методология научных исследований» / Сост.: А.Б. Лебедев, Г.Н. Голубь, Ю.М. Придатко. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. 36 с.

УДК 69.001.05

ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСОВ, СВЯЗАННЫХ С ВНЕДРЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ЭКОЛОГИЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В.А. Демчук, А.В. Урядова, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – А.В. Урядова, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются перспективы экологичного строительства через изучение факторов, препятствующих и способствующих внедрению экостроительства, и стратегий по его внедрению

***Ключевые слова**: технологии экологичного строительства, стимулирующие факторы, препятствия, стратегии развития*

EXAMINING ISSUES INFLUENCING GREEN BUILDING TECHNOLOGIES ADOPTION

V.A. Demchuk, A.V. Uryadova, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – V.B. Dobrokhotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This study aims to investigate the underpinnings of Green Building Technologies (GBTs) adoption in the following areas: the critical barriers inhibiting the adoption of GBTs, major drivers for adopting GBTs, and important strategies to promote GBTs adoption.

***Keywords**: green building technologies, drivers, barriers, promotion strategies.*

Строительная индустрия оказывает значительное влияние на окружающую среду, экономику и здоровье людей. Согласно имеющимся исследованиям, в масштабах всего мира на строительство приходится более 40% всех выбросов углекислого газа, главным образом по причине того, что строительная сфера является главным потребителем энергии. Ожидается, что к 2035 году выбросы углерода в строительной отрасли достигнут 42,4 млрд. тонн, увеличившись на 43% по сравнению с уровнем 2007 года. Негативное экологическое, социальное и экономическое

воздействие строительной отрасли может быть снижено при внедрении экостроительства. Внедрение экологичных технологий весьма перспективно. Применение таких технологий в строительных работах приведет к повышению производительности труда и позволит минимизировать их негативное воздействие на окружающую среду.

Экостроительство, как эффективный способ обеспечения экологической, экономической и социальной устойчивости в рамках строительной отрасли, использует такие ключевые ресурсы, как энергия, вода, материалы, земля, более эффективно, чем традиционное строительство. Внедрение строительных экотехнологий помимо преимуществ экологического характера предполагает положительное воздействие на социальную и экономическую сферу, а именно: снижение стоимости проживания, создание рабочих мест и борьба с нищетой, что приобретает все большее значение в концепции устойчивого развития.

Широкое признание в строительной сфере уже получили такие инновационные технологии, как высокотехнологичные окна, зеленая крыша, солнцезатеняющие устройства, солнечные водонагреватели, очистители воды и высокоэффективные системы отопления, вентиляции и кондиционирования В развитых странах, таких как США, растет число сторонников технологий экостроительства, что говорит о том, что в ближайшем будущем такие технологии вытеснят большинство традиционных технологий. При этом рынок «зеленого строительства» в России развит крайне слабо. Для того, чтобы экотехнологии были успешно приняты и получили широкое распространение и признание, как по всему миру, так и в России, необходимо изучить ключевые вопросы, связанные с их развитием.

Несмотря на признание значимости технологий экологичного строительства и существование большого количества исследований, посвященных вопросам, связанным с принятием эко-инноваций в целом, мало кто тщательно изучил препятствия, стимулирующие факторы и стратегии развития экостроительства.

Для того, чтобы найти способы преодоления сдерживающих факторов по внедрению экоинноваций, прежде всего их следует хорошо понимать. Главным препятствием на пути принятия экотехнологий, конечно, является стоимость. В строительстве сроки и стоимость тесно связаны, так как являются основными мерами при оценке эффективности проекта. Также немаловажное значение имеют сроки реализации проекта. В исследованиях, посвященных экологическому строительству, отмечается, что увеличение сроков, является неизбежным барьером, поскольку соблюдение требований экотехнологий и связанное с этим принятие важных решений и разрешение спорных вопросов подрядчиками, клиентами, консультантами, субподрядчиками, задерживает реализацию проекта.

Недостаток изученности экологичного строительства и информирования относительно его преимуществ также указывается различными исследователями как одно из препятствий при внедрении «зеленого строительства». Более того, существуют социальный и психологический барьеры, такие как позиции и модели поведения заинтересованных сторон, что непосредственно влияет на признание и успех экостроительства. Серьёзным препятствием на пути внедрения экотехнологий также является нежелание уходить от традиционных методов строительства. На основе изученных источников был выявлен список наиболее значимых факторов, способных сдерживать внедрение технологий экостроительства:

1) Высокая стоимость строительства;

2) Малое количество информации об экотехнологиях;

3) Недостаточная квалификация рабочей силы;

4) Недостаточное понимание экотехнологий и их преимуществ;

5)Отсутствие правительственной инициативы в поддержке экотехнологий;

6) Отсутствие надежных исследований об экотехнологиях;

7) Малое число нормативов;

8) Высокий уровень недоверия к экотехнологиям;

9) Отсутствие интереса и рыночного спроса;

10)Отсутствие системы финансирования (банковские кредиты);

11) Отсутствие упорядоченности в системе классификации;

12) Увеличение сроков реализации проекта;

13) Наличие психологического барьера при переходе от традиционных технологий;

14) Строгость требований и сложность их соблюдения;

15) Отсутствие стандартных технологических схем;

16) Недостаток продвижения экотехнологий.

Для стимулирования и привлечения потенциальных заказчиков также необходимо понимание движущих факторов экотехнологий. После обстоятельного изучения литературных источников, обнаружено огромное число стимулирующих факторов, 12 из которых были выбраны как наиболее значимые:

1) Снижение затрат на обслуживание здания в период эксплуатации;

2) Повышение энергоэффективности;

3) Благотворное влияние на здоровье, комфорт и удовлетворённость жильцов;

4) Снижение негативного влияния на окружающую среду;

5) Улучшение качества окружающей среды в помещении;

6) Улучшение условий труда;

7) Температурный комфорт (повышение температуры в посещении);

8) Привлечение премиум клиентов, повышение полезности здания;

9) Уменьшение строительного мусора и отходов от сноса здания;

10)Сохранение природных и невозобновляемых топливоэнергетических ресурсов;

11)Улучшение ситуации в экономике, создание рабочих мест;

12) Привлечение ценных работников и снижение текучести кадров.

Изучив движущие и сдерживающие силы технологий экологичного строительства, можно выдвинуть несколько стратегий для их успешного внедрения. На данный момент разработаны некоторые рейтинговые программы для оценки экотехнологий в строительстве, среди которых числятся австралийская «Зеленая Звезда», сингапурская система «Зеленый знак»,американское «Руководство по энергоэффективному и экологическому проектированию» (LEED) и Британский «Метод экологической оценки эффективности зданий» (BREEAM).

Анализ литературы позволил выявить наиболее осуществимые стратегии развития экотехнологий, к которым относятся:

1) Финансовые стимулы;

2)Разработка обязательных норм экостроительства, техническое регулирование;

3) Создание «Зеленого» бренда;

4) Кредитование под низкие проценты и субсидирование;

5) Информирование общественности относительно ситуации по окружающей среде путём проведения семинаров, конференций;

6) Усиление публичности через медиа источники;

7) Разработка более полной информации о стоимости и преимуществах экотехнологий;

8) Развитие научных исследований в области экостроительства;

9) Создание образовательных программ по экотехнологиям для застройщиков, подрядчиков и политических деятелей.

Успешное внедрение этих стратегий поможет преодолеть большинство препятствий, обобщенных выше для дальнейшего продвижения и развития технологий экостроительства.

Рассмотренные источники позволяют изучить технологии экостроительства «изнутри», дать специалистам и исследователям ценную информацию, позволяющую расширить понимание проблем, связанных с внедрением экотехнологий и разработать лучшую политику для их осуществления. Идентификация наиболее существенных барьеров на пути внедрения экотехнологий, определение движущих сил и расстановка приоритетов дают возможность проведения более подробного, статисти-

ческого анализа данных факторов в пределах территории Российской Федерации, что позволит в дальнейшем сфокусироваться на конкретных стратегиях продвижения экотехнологий и вывести строительство в России на новый уровень.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Amos Darko «Examining issues influencing green building technologies adoption [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/315642831
2. U.S. Green Building Council «LEED Rating System», [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.usgbc.org/docs/LEEDdocs/LEED_RS_v2-1.pdf
3. Green Building Council of Australia «Green Star - Performance: Summary of Categories and Credits» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gbca.org.au/uploads/203/4043.pdf

УДК 69

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЯ ПО УЛИЦЕ КИРОВА 9/7 В Г. ЯРОСЛАВЛЕ

П.Э. Заманков, Ю.М. Придатко

Научный руководитель - Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Разработаны основные технические предложения по реконструкции объекта. Предусмотрена замена междуэтажных перекрытий, усиление фундаментов с использованием микросвай.

Ключевые слова: *реконструкция, замена перекрытия, составная свая, стык элементов, усиление фундамента.*

RECONSTRUCTION OF THE BUILDING ON THE STREET OF KIROV 9/7 IN GARAGOSLAVL

P.E. Zamankov, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor - Yu. M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The main technical proposals for the reconstruction of the facility have been developed. It is planned to replace the floors between the floors, reinforce the foundations using micro-beams.

Keywords*: reconstruction, replacement of overlap, compound pile, joint of elements, reinforcement of the foundation.*

Здание, расположенное по адресу г. Ярославль, ул. Кирова д. 9/7, является памятником истории и архитектуры и находится в исторической части города. Оно входит в перечень объектов, находящихся с 2005 года под охраной ЮНЕСКО. Для исторического центра города Ярославля в целом и объектов, расположенных на его территории, характерны следующие особенности:

- строительные площадки, с одной стороны, имеют высокую стоимость, а с другой, действует запрет на возведение зданий выше определенной высоты (для г. Ярославля она составляет не более 12 м);

- высокая плотность застройки,

- резкое увеличение количества транспортных средств, малая ширина улиц и тротуаров определяет необходимость возведения подземных автостоянок, гаражей, автомобильных дорог;

- высокий уровень грунтовой воды;

- высокая насыщенность подземными инженерными коммуникациями.

Из вышеизложенного следует необходимость создания функционально гармоничной подземной среды, включающей подземные этажи зданий, автостоянки, гаражи, автомобильные дороги, пешеходные переходы и т.п. в сложных инженерно-геологических условиях.

Анализ состояния зданий, построенных в старой части города, позволил выявить следующие характерные особенности:

- они являются памятниками истории и архитектуры и поэтому подлежат охране, реставрации, их разборка не допустима;

- здания имеют силовые повреждения из-за неравномерных осадок их фундаментов, необходимо их усиление;

- между объектами отсутствуют проезды, проходы, их боковые фасады располагаются вплотную друг к другу, на одном или разных фундаментах; необходимо усиление фундаментов, но не одного, а смежных зданий;

- фундаменты таких зданий имеют разные конструктивные решения и разные отметки заложения; разные отметки заложения имеют фундаменты различных стен одного объекта;

- грунтовым основанием объектов является «культурный слой», который по существу работы фундамента – строительный мусор;

- горизонтальная гидроизоляция в таких зданиях расположена ниже отметок прилегающих участков и потому не обеспечивает защиту стен от замачивания грунтовой и атмосферной водой; горизонтальная гидроизоляция смежных объектов расположена на разных отметках; необходима устройство эффективной горизонтальной гидроизоляции;

- только небольшая часть зданий имеет одноэтажные подвальные помещения небольшой высоты, которые можно реконструировать и использовать; часть зданий имеют технические подполья, а для большинства – характерно наличие лишь каналов для инженерных коммуникаций, полы первого этажа выполнены по грунту.

Целью работы является разработка решений по реконструкции здания с применением эффективной технологии реконструкции объекта, в том числе, усиления фундаментов и замены существующих перекрытий

с учетом минимизации влияния работ на техническое состояние смежных объектов.

По результатам обследования междуэтажных перекрытий выявлены повреждения, связанные с долгой эксплуатацией без ремонта. Они находятся в ограниченно работоспособном состоянии. Предусматривается замена части существующих междуэтажных перекрытий по деревянным балкам на новые по металлическим балкам, другая часть - на монолитное железобетонным перекрытием.

Для расстояния между несущими стенами здания 12,0 м, расчетом определена необходимость применения балочной клетки, включающей главную и второстепенные балки. Такая компоновка балочной клетки позволяет уменьшить расход металла в 1,8 раза. Для снижения строительной высоты междуэтажного перекрытия предусмотрено осуществлять сопряжение главной и второстепенных балок в одном уровне.

Реконструкцию подземной части здания предусмотрено выполнить таким образом, чтобы решить комплекс следующих задач:

- усиление, реконструкция или замена существующих фундаментов. Проектом предусматривается реконструкция фундамента с заменой существующих;
- подъем здания до разрешенного уровня;
- устройство эффективной защиты объекты от грунтовой воды путем устройства дренажной и гидроизоляционной систем.

Для обоснования целесообразности использования различных технологий реконструкции фундаментов выполнен их технический анализ. В качестве основных приняты основанные на применении набивных и сборных микросвай [1].

Для устройства набивной сваи работы предполагается выполнять следующим образом. Бурят скважину диаметром 25…40 см, в которой размещают обсадную трубу. Скважину заполняют жесткой или малоподвижной бетонной смесью на высоту 1,0 м. Удобоукладываемость смеси будет определена при устройстве опытных свай. После заполнения скважины на глубину около 1 м бетонной смесью ее трамбуют, поднимая вверх обсадную трубу до тех пор, пока высота смеси в трубе не уменьшится до 0,3...0,4 м. Снова укладывают бетонную смесь и процесс повторяется. При таком способе часть бетонной смеси внедряется в дно и стенки скважины. Цементное молоко кольматирует и упрочняет грунт, что увеличивает его механические характеристики. Возрастает лобовое сопротивление и трение по боковой поверхности и в целом несущая способность сваи по грунту.

Недостатки способа – невозможность контролировать плотность и монолитность бетона по всей высоте сваи, возможность увеличения водоцементного отношения и снижения прочности бетона, сложность вы-

полнения работ при высоком уровне грунтовой воды в стесненных условиях.

В качестве альтернативной рассмотрена технология, основанная на применении заранее изготовленных микросвай [2,3]. Такие сваи из стальных труб диаметром 15…30 см, состоящие из элементов длиной 0,8…1,2 м не позволяют надежно и эффективно решить весь комплекс задач реконструкции подземной части объекта. Их применение сопряжено со значительным расходом стали, свая обладает низкой изгибной жесткостью. Это приводит к нарушению герметичности и при высоком уровне грунтовой воды невозможности получить бетон ствола сваи должного качества. Соединение элементов требует значительных затрат времени.

Анализ условий реконструкции подземной части объекта показал, что они характеризуются высокой внутренней и существенной внешней стесненностью. При этом для достижения высокого качества работ и обеспечения требуемой надежности усиления фундаментов объекта целесообразно использовать железобетонные составные вдавливаемые сваи, существо технического решения которых представлено в [3]. Предварительными расчетами установлено свая будет иметь длину 12…16 м при диаметре ствола 24…30 см. Элементы сваи должны иметь массу не более 70…90 кг при длине не более 1,1…1,4 м. Они могут иметь сплошное круглое сечение или с полостью. Несущая способность такой сваи по материалу должна быть не менее 350 кН. Указанный диапазон возможного варьирования параметров свай дает возможность решать оптимизационную задачу при разработке технологии реконструкции фундаментов. Сваи предусмотрено погружать методом вдавливания с использованием малогабаритного оборудования. Высота гидроцилиндра должна быть не более 1,0 м, масса – не более 60…70 кг, усилие вдавливания не менее 500 кН.

Таким образом, на основе анализа результатов обследования, объемно-планировочного и конструктивного решения объекта установлен состав основных технических решений, которые должны быть выполнены при его реконструкции. Определены условия производства строительных работ по преобразованию подземной части здания, усилению его фундаментов. При этом установлены основные параметры предварительно изготовленных железобетонных свай и основного оборудования для их вдавливания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 57342-2016 Микросваи. Правила производства работ.
2. ГОСТ 19804-2012 Сваи железобетонные заводского изготовления. Общие технические условия.
3. Патент №24333911 РФ. Арматурно-формовочный блок для изготовления сборных элементов. Опубл. 20.11.2011. БИ №32/Придатко Ю.М., Давыдов А.В. и др.

УДК 69.002.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ УКРУПНЕННЫХ СИЛИКАТНЫХ БЛОКОВ

Е.М. Бекова, М.В. Карякина, Ю.М. Придатко А.Б. Лебедев

Научный руководитель – Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Разработано принципиальное техническое решение транспортного средства для перевозки силикатных блоков.

Ключевые слова: *остывание блока, силикатный блок, транспортирование.*

DETERMINATION OF VEHICLE PARAMETERS FOR BUILDING SILICATE BLOCKS

E.M. Bekova, M.V. Karyakina, Yu.M. Pridatko, A.B. Lebedev

Scientific Supervisor – Yu.M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A basic technical solution of the vehicle for transportation of silicate blocks has been developed.

Keywords: *block cooling, silicate block, transportation.*

В настоящее время в Ярославле организованно значительное производство силикатных блоков. Одной из проблем применения таких изделий для возведения зданий является производство работ при температуре окружающего воздуха не ниже 5 °С. В связи с этим для расширения технических возможностей применения таких блоков, нами предложено использовать тепло, приобретенное материалом блока при их изготовлении и выдерживании в автоклавах. Для сохранения тепловой энергии необходимо использовать специальные транспортные средства. Темпера-

тура блоков при погрузке составит 60-80 °С, в момент прибытия на строительную площадку разница температур блоков и окружающего воздуха должна составлять не менее 20-70 °С при температуре окружающего воздуха не ниже минус 20 °С. Перевозку таких блоков предусмотрено осуществлять пакетами на поддоне. Количество блоков в пакете 16 штук, общее количество блоков, загружаемых в транспортное средство 128 штук. Масса 1 блока составляет 54 кг, масса пакета составляет 86,4 кг. Таким образом грузоподъемность транспортного средства на погрузке и разгрузке определяется массой поддона с блоками, которая составляет 914 кг, с учетом коэффициента несоответствия 1,08 масса груза составит 987,12 тонну. Количество перевозимых блоков на поддоне, с учетом диапазона варьирования 0,8, должно быть не менее 13 штук. При меньшем количестве блоков необходимо использование дополнительной изоляции.

Основной задачей работы является разработка технического решения транспортного средства для перевозки силикатных блоков. Предложенное решение требует применения специальных устройств для перевозки блоков. Известные типы транспортных средств не позволяют эффективно решить такую задачу. Это объясняется тем, что они не имеют надлежащей тепловой защиты. Их конструктивные решения не обеспечивают возможность автономного использования изделий, расположенных на одном поддоне, а также возможность защиты силикатных блоков в случае технологических перерывов в работе.

Таким образом, при разработке принципиального технического решения с учетом снижения затрат на создания специальных транспортных средств используем типовые решения согласно ГОСТ Р 52281-2004 «Прицепы и полуприцепы автомобильные. Общие технические требования.» [1], ИСО 830-1981 «Грузовые контейнеры. Терминология» [2] и ГОСТ 18477-79 «Контейнеры универсальные. Типы. Основные параметры» [3].

На основе классификации и размеров существующих транспортных прицепов и контейнеров разработан термо-прицеп (табл. 1, рис. 1), который представляет из себя прицеп со съемным теплоизолированным контейнером размерами LxBxH, 6,0x2,5x1,5м, с нагрузкой на одну ось до 5,5 тонн [п. 2, ст. 31, 4], разделенный на 8 отсеков внутренними перегородками, оснащенный 8 дверцами на боковых стенках и откидными люками на верхней стенке контейнера. Открывание осуществляется по средствам.

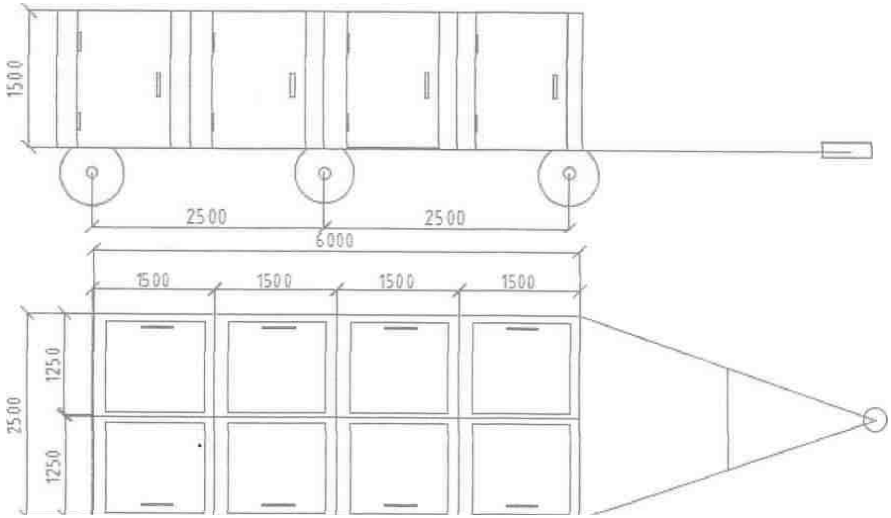


Рис. 1. Термоприцеп

Таблица 1. Ведомость элементов конструкции термоприцепа

Элемент	Материал	Примечание
1. Каркас	Сталь лист-$\frac{II-1{,}0x1500x2000\ ГОСТ19904-74}{1-м-ОСВ-08Ю\ ГОСТ\ 9045-80}$	На сварке
2. Верхняя стенка	Сталь лист-$\frac{II-1{,}0x2500x2000\ ГОСТ19904-74}{1-м-ОСВ-08Ю\ ГОСТ\ 9045-80}$	На сварке
3. Нижняя стенка	Сталь лист-$\frac{II-1{,}0x2500x2000\ ГОСТ19904-74}{1-м-ОСВ-08Ю\ ГОСТ\ 9045-80}$	На сварке
4. Перегородки	Сталь лист-$\frac{II-1{,}0x2500x2000\ ГОСТ19904-74}{1-м-ОСВ-08Ю\ ГОСТ\ 9045-80}$	На сварке
5. Прослойка стенок	Пенополиуретан ГОСТ-15588-2014, ППУ30-Р-Б-1500x2000x50	
6. Внутренняя отделка стенок	ДСП *Р1, I, М, Ш, Е1, 1500x1500x10*, ГОСТ 10632-2014	
7. Наружные дверцы	Двери КК1500x1300 ГОСТ В 19303-73	
8. Откидные люки	Двери КК 1200x1100 ГОСТ В 19303-73	

Технические характеристики:

Грузоподъемность до 10,5 т

Объем 49 м^3

Вес 2200 кг.

Для организации перевозки применять автомобили для тяги прицепных повозок, платформ:

КАМАЗ 65225-43, грузоподъемностью 34 т;

МАЗ 6425Х9-433-000, грузоподъемностью 54 т;
Scania Griffin, грузоподъемностью 30 т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52281-2004 «Прицепы и полуприцепы автомобильные. Общие технические требования». 2004. 24 с.
2. ИСО 830-1981 «Грузовые контейнеры. Терминология»: Международная организация по стандартизации. 1981. 28 с.
3. ГОСТ 18477-79 «Контейнеры универсальные. Типы. Основные параметры». М: Стандарт Союза ССр, 1984. 16 с.
4. Федеральный закон от 08Л 1.2007 N 257-ФЗ (ред. от 07.02.2017) "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". М: Совет Федерации, 2007.

УДК 691.421-431

ПРЕССУЕМОСТЬ КЕРАМИЧЕСКОГО ПОРОШКА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БИОПОЛИМЕРНОЙ ДОБАВКОЙ ГЛИНЫ ПУЖБОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.А. Киселева, Е.А. Гавриличева, А.Б. Лебедев, Ю.М. Придатко

Научные руководители – А.Б. Лебедев, канд. биол. наук, доцент; Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Исследованы деформативные свойства керамических порошков, модифицированных биополимерной добавкой.

***Ключевые слова**: керамический порошок, модификация, биополимерная добавка.*

COMPRESSIBILITY OF A CERAMIC POWDER BASED ON A MODIFIED BIOPOLYMER ADDITIVE OF CLAY OF THE PUZHBOL FIELD

V.A. Kiseleva, E.A. Gavrilicheva, A.B. Lebedev, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisors – A.B. Lebedev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; Yu.M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Deformative properties of ceramic powders modified with a biopolymer additive have been studied.

***Keywords:** ceramic powder, modification, biopolymer additive.*

Полусухое формование сыпучих глиняных масс с влажностью 8 – 12 % обеспечивает получение керамических изделий со стабильными геометрическими размерами с отклонением их от номинальных не более 0,1 мм, минимальные усадки при сушке и обжиге, большую прочность отформованных изделий, сокращение длительности сушки изделий и все-

го технологического цикла. Недостатками этого способа являются необходимость применения мощных прессов с удельным давлением от 15–40 МПа и более, а также упругое расширение изделий после снятия прессующей нагрузки вследствие обратимой деформации твердых керамических частиц, упругого расширения запрессованного воздуха и расклинивания межзерновых контактов водой, выжатой при прессовании в более крупные поры. Запрессованный воздух и расклинивание контактов создает внутри изделия давление, величина которого экспоненциально зависит от влажности: при влажности формовочной массы 6 % оно не превышает 2 МПа, а уже при влажности 10–12 % достигает 10 МПа. Упругое расширение прессовки приводит к возникновению в изделиях трещин расслаивания [1].

Уменьшение влажности с сохранением деформативных свойств (прессуемости) керамического порошка можно обеспечить введением в формовочную массу пластифицирующих добавок. По разработкам [2] кафедры ТСП известно, что биополимерные добавки являются эффективными пластификаторами бетонных и растворных смесей. Целью настоящей работы являлось исследование влияния биополимерной добавки на прессуемость керамического порошка из глины Пужбольского месторождения.

Сырьем для изготовления образцов полусухого формования служил пресс-порошок Ростовского завода керамических изделий с формовочной влажностью 8% и с концентрацией биополимеров в увлажняющем растворе 10 %. Прессование шихты в цилиндрических формах диаметром 50 мм проводили при удельном давлении от 7,5 до 60 МПа.

Результаты определения средней плотности отформованных при разном давлении прессования образцов представлены на рис. 1.

Из данных рис. 1 видно, что более плотные прессовки с биодобавкой получаются при давлении выше 18–20 МПа, что связано с необходимостью приложения дополнительного усилия для продавливания и вытеснения более вязких полимерных пленок из контактных зон частиц.

Прессуемость керамических порошков для идеального процесса уплотнения (отсутствие трения между частицами и частиц со стенкой формы, равномерное распределение давления по толщине и поперечному сечению прессовки) описывается компрессионным уравнением М.Ю. Бальшина [3], связывающим относительную плотность образцов и удельное давление:

$$\mathbf{lg\sigma = lg\sigma_{max} - \mathit{L}\cdot lg(1/\mathit{d})}\lg\sigma = \lg\sigma_{\max} - \mathrm{L}\cdot\lg\,(1/\mathrm{d}),$$

где σ – приложенное давление прессования; σ_{max} – давление прессования, обеспечивающее получение беспористой прессовки; *L* - постоянная, учи-

тывающая природу прессуемого материала; d – относительная плотность образца, равная $d = \rho_0/\rho$, где ρ_0 – средняя плотность прессовки при приложенном давлении; ρ – истинная плотность порошка.

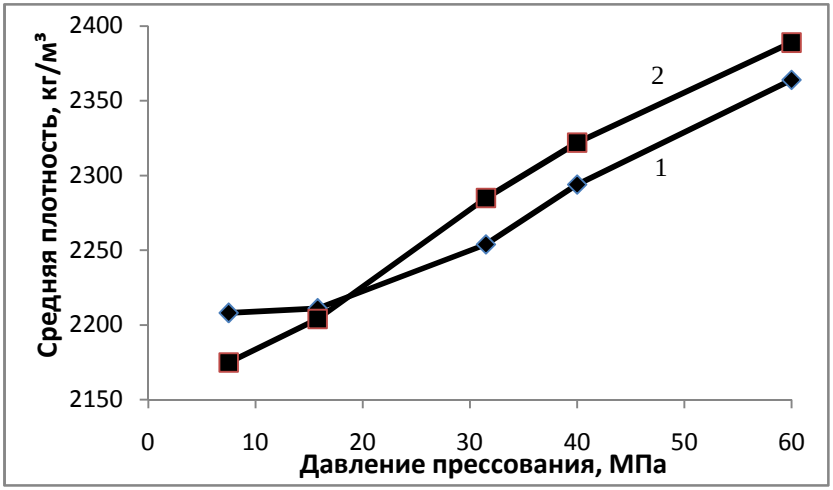


Рис. 1. Зависимость средней плотности образцов от давления прессования:
1 – контрольные образцы, увлажненные водой;
2 – образцы с биополимерной добавкой

На рис. 2 представлены зависимости $\lg\sigma$ от $\lg(1/d)$ для контрольной и опытной серий образцов, аппроксимированные двумя линейными уравнениями с соответствующими коэффициентами корреляции R:

- контрольная серия образцов: $\lg\sigma = 2{,}96 - 23{,}51\cdot\lg(1/d)$; $R = 0{,}88$;
- образцы с биодобавкой: $\lg\sigma = 2{,}90 - 22{,}49\cdot\lg(1/d)$; $R = 0{,}95$.

По приведенным уравнениям теоретическое давление σ_{max}, необходимое для получения абсолютно плотных беспористых прессовок, составляет для контрольных образцов, увлажненных водой: σ_{max} = 912 МПа, а для образцов с биодобавкой: σ_{max} = 794 МПа, что значительно меньше.

На рис. 3 представлены зависимости упругого расширения образцов после снятия прессующей нагрузки.

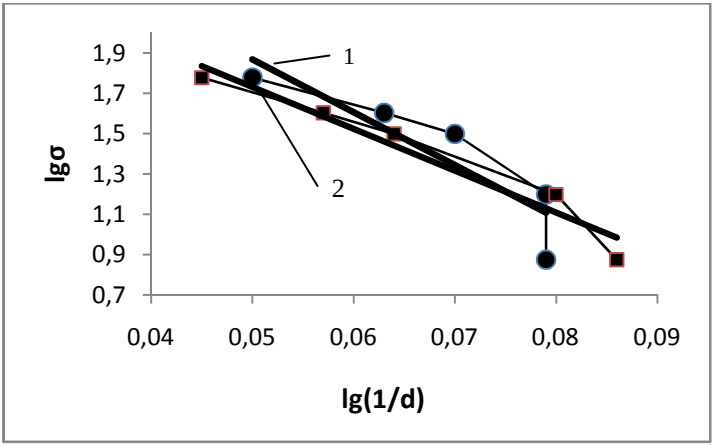


Рис. 2. Компрессионные зависимости для образцов:
1 - контрольных, увлажненных водой;
2 – опытных с биополимерной добавкой

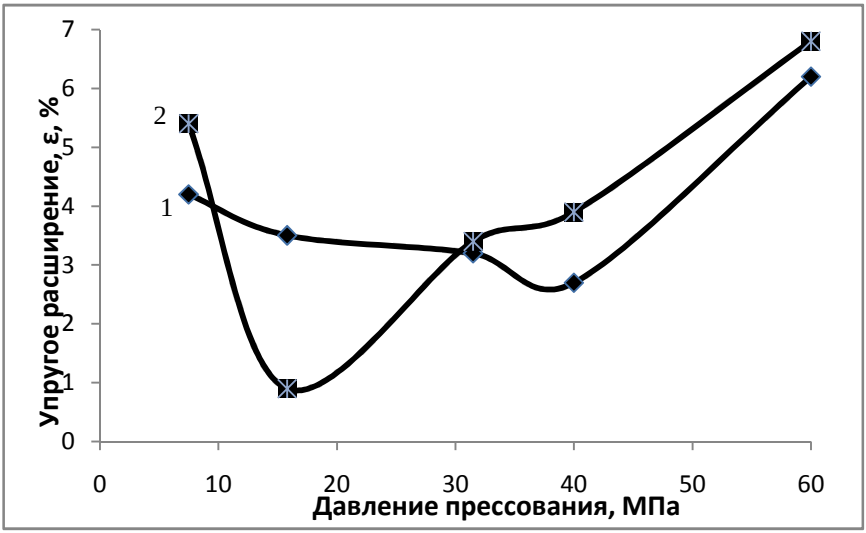


Рис. 3. Упругое расширение прессовок после снятия нагрузки:
1 – контрольных образцов; 2 – образцов с биодобавкой

На кривых рис. 3 имеются минимумы расширения, связанные с частичной компенсацией внутренних расклинивающих сил противоположно направленными стягивающими силами поверхностного натяжения водных и полимерных пленок, причем для образцов с биодобавкой в этих минимумах упругое расширение и меньше, и находится в области умеренных давлений прессования 15–20 МПа.

Таким образом, проведенные исследования показали эффективность применения биополимерной добавки для улучшения деформативных свойств керамических пресс-порошков, что расширяет как сырьевую базу для производства строительной керамики, так и диапазон выбора экономичных режимов формования керамических изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

3. *Чаус К.В.* Технология производства строительных материалов, изделий и конструкций: Учебник для вузов / К.В. Чаус, Ю.Д. Чистов, Ю.В. Лабзина. М.: Стройиздат, 1988. 448 с.
4. Патент 2066306 C1 РФ, C04B28/04/ ДОБАВКА ДЛЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ / Ю.М. Придатко, А.Б. Лебедев, Н.В. Шеховцова, А.В. Биткина, В.Л. Шабров, А.Н. Басов. Заявл. 03.06.1992; опубл. 10.09.1996.
5. *Гуревич Л.М.* Технология получения порошковых композиционных материалов / Л.М. Гуревич, А.Ф. Трудов, В.Н. Арисова. Волгоград: ВолГТУ, 2016. 108 с.

УДК 69.059.7

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ С НЕПОЛНЫМ КАРКАСОМ

С.И. Кремлёв, Ю.М. Придатко

Научный руководитель – Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются варианты восстановления и усиления несущих и ограждающих конструкций трехэтажного трёхэтажного промышленного здания с неполным каркасом.

Ключевые слова: *стяжная система, балочная клетка, свайный фундамент, инъецирование.*

THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF RECONSTRUCTION OF A PRODUCTION BUILDING WITH AN INTERNAL FRAMEWORK

S.I. Kremlyov, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor – Yu.M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Discusses options for restoring and strengthening bearing and enclosing structures of a three-storey three-storey industrial building with an intetnal framework.

Keywords: *clamping system, beam structural system, pile foundation, grouting.*

Объект исследования – главный производственный корпус ЗАО «Хром», расположенный по ул. Большая Федоровская в г. Ярославле. Здание построено в 1917 году. Трех- и двухэтажное с неполным каркасом. Размер здания в осях – трехэтажной части 32,52х85,64 м, двухэтажной – 26,0х45,5 м. Высота этажа 4,6 м. Фундамент под наружные несущие и самонесущие стены – ленточный, бутовый. Размер камня в 20…40 см. Отметки заложения в основном -1,8…2,0 м. Фундаменты под колонны по основной продольной внутренней оси столбчатые. Отметка зало-

жения – 2,0 м. Их нижняя часть - из монолитного бетона, верхняя – до отметки -0,9 м из керамического кирпича. Кровля скатная по деревянной наслонной стропильной системе. Наружные стены – толщиной 77 см из керамического кирпича на известково-песчаном растворе. Известь сильногидравлическая. Колонны чугунные диаметром 20 см, толщина стенки 4 см имеют обрамление из прокатных двутавровых профилей № 30. Междуэтажные перекрытия – железобетонные сводчатые типа Монье со стальными двутавровыми балками № 24 – двутавровое железо (литое) по Русскому нормальному метрическому сортаменту 1917 г. (ширина полки 101,8 мм, толщина стенки 8,7 мм, средняя толщина полки 12,1 мм, момент сопротивления W_x =325 см^3.

Основными причинами, обуславливающими необходимость реконструкции главного производственного корпуса ЗАО «Хром» являются:

1. физический износ несущих и ограждающих конструкций, связанный с продолжительной более 35 лет эксплуатацией без проведения ремонта при действии статических, знакопеременных, динамических нагрузок;

2. воздействие агрессивных химических сред на несущие и ограждающие конструкции;

3. необходимость повышения механических характеристик для проведения технического перевооружения предприятия.

При проведении визуального и инструментального обследования выявлены повреждения в перекрытии первого этажа, в каменных стенах,

неравномерные осадки фундаментов стен.

Для комплексного подхода решения проблемы реконструкции объекта разработаны технические решения восстановления и усиления каменных конструкций. Они реализованы при реконструкции объекта в следующей очередности:

- усиление кирпичной кладки инъецированием раствора на основе цемента;
- замена сильно поврежденных участков кладки;
- восстановление и усиление арочных перемычек;
- восстановление заполнения швов каменной кладки;
- устройство стяжной системы в уровне перекрытий 2 и 3 этажей с наружной стороны здания;
- восстановление внутренних специальных и отделочных покрытий.

Усиление каменных конструкций осуществляли нагнетанием под давлением 0,2…0,4 МПа в поврежденную кладку инъекционной цементной растворной смеси. Для этого предварительно трещины расшивали и с внешней стороны заполняли цементно-песчаным раствором М100 на глубину 1…3 см и закрепляли в трещине инъекционные патрубки. По

истечении 7 суток выполняли инъецирование. При этом происходит заполнение в кладке трещин, пор, пустот. По истечении 3 суток после инъецирования патрубки демонтировали. Применение инъекционного метода позволяет выполнить усиление каменных конструкций без остановки производства, с использованием небольшого количества материалов, без увеличения поперечного сечения конструкций.

Для контроля качества инъецирования осуществляли контрольное выборочное закачивание до отказа цементного раствора между прокачанными патрубками. При этом отказ - расход не раствора не более 1л/мин при давлении 0,2 МПа.

Стяжная система представляет собой стальные тяжи диаметром 40 мм с муфтами, установленные с наружной стороны здания. Их натяжение осуществляли до усилия 50 кН динамометрическим ключом.

Применение инъецирования и стяжной системы позволило восстановить работоспособность каменных конструкций и повысить её несущую способность и жесткость.

При обследовании перекрытия первого этажа выявлено, что в результате процессов коррозии площадь сечения стальных двутавровых балок уменьшилась для разных сводов Менье на 22…45%. При этом для некоторых балок характерно уменьшение толщины стенки с первоначальных 8,7 мм до 1…4 мм, а на отдельных участках площадью от 2…8 до 400…700 мм стенки прокорродировали на всю толщину. Для восстановления несущей способности и жесткости сводов выполнили следующие технические решения. Вдоль наружной стены и по колоннам среднего ряда устанавливали главные балки. По ним – парные второстепенные из швеллеров под балки сводов. Передачу нагрузки от балки свода на второстепенные осуществляли через фрезерованные клинчатые металлические пластины с шагом 0,7…0,8 м. Второстепенные балки опираются на главные балки под балками сводов с шагом 1,1…1,2 м.

Для обеспечения жесткости диска перекрытия инъецировали зону контакта стенки балки свода с бетоном с двух сторон. Для этого в бетоне свода бурили шпуры с шагом 0,5 м с обеих сторон балки. Шпуры выполняли вразбежку. Инъецирование осуществляли до появления инъекционного раствора в смежном патрубке или до отказа аналогично инъецированию каменной кладки.

Усиление фундаментов осуществляли с использованием составных микросвай диаметром 159 мм из стальных труб с толщиной стенки 4 мм. Длина элементов 1,0 м. Их соединение осуществляли на сварке. Проектная длина сваи 14 ,0 м. Работы по усилению фундаментов стен осуществляли в следующей очередности: подведение разгружающих балок в уровне верхнего обреза фундамента; алмазное колонковое бурение отверстий диаметром 400 мм под консольные парные балки, монтаж балок;

выемка грунта на участке стены длиной не более 2,5 м; монтаж на консольных балках упорного столика для закрепления гидроцилиндра и вдавливание свай; демонтаж упорного столика; соединения свай с балками, для передачи нагрузки; переход на следующий участок фундамента; армирование и бетонирование ростверка.

Изложенный комплекс технических решений позволил восстановить эксплуатационные характеристики каменных конструкций и усилить своды перекрытий и фундаменты. Это обеспечило возможность увеличить полезную нагрузку на перекрытия до 700 кг/м^2 и провести техническое перевооружение предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений" (принят Постановлением Госстроя РФ от 21.08.2003 N 153)
2. СП 15.13330.2012. Свод правил. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81* (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/5) (ред. от 18.08.2016).
3. СП 16.13330.2011. Свод правил. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (утв. Приказом Минрегиона РФ от 27.12.2010 N 791) (ред. от 30.12.2015).
4. СП 24.13330.2011. Свод правил. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (утв. Приказом Минрегиона России от 27.12.2010 N 786) (ред. от 03.12.2016).
5. СП 63.13330.2012. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/8) (ред. от 30.12.2015).

УДК 624.154

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ

Я.О. Маслухин, А.В. Давыдов, Ю.М. Придатко

Научный руководитель – Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается технологичность некоторых предварительно изготовленных микросвай, имеющих определенные преимущества при производстве работ в стесненных условиях, перед другими известными типами свай.

Ключевые слова: *составная свая, трубобетон, прецизионная свая, стык сваи, подземная часть, реверсный стык.*

COMPARATIVE ANALYSIS OF COMPOSITE REINFORCED CONCRETE PILES

Y.O. Maslukhin, A.V. Davydov, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor – Yu.M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The technology is considered for some pre-manufactured microspills, which have certain advantages in the production of works in cramped conditions, in front of other known types of piles.

Key words*: composite pile, pipe concrete, precision pile, pile joint, underground part, reverse joint.*

Выбор технологии усиления фундаментов зависит от категории технического состояния объекта строительства и типа рисков при производстве строительных работ. Использование метода вдавливания предварительно изготовленных составных микросвай позволяет избежать действия на строительные системы зданий и сооружений динамических нагрузок. Для микросваи принято считать, что размер поперечного сечения (для круглого - диаметр или сторона – для квадратного) ее ствола не превышает 300 мм [1]. Их изготавливают из железобетона с гибкой арматурой, стали [2] – из труб, трубобетона. Длину элементов такой сваи для

производства работ в стесненных условиях, как правило, принимают 0,8…1,2 м. При этом для их соединения используют различные стыки. Их конструктивные решения во многом определяют стоимость микросваи и в целом усиления фундамента, эффективность строительных работ.

Составные сваи обычно включают несколько заранее изготовленных коротких элементов. Эти элементы стыкуют по мере вдавливания их в грунт домкратами или другими механизмами до положения, при котором обеспечивается проектная несущая способность по грунту.

Рассмотрим технологичность некоторых предварительно изготовленных микросвай, имеющих определенные преимущества при производстве работ в стесненных условиях, перед другими известными типами:

1. сваи из стальных труб, которые после вдавливания заполняют бетонной смесью. Соединение элементов осуществляют на сварке [3];
2. железобетонные сваи, элементы которых имеют свободное опирание секций через инвентарный кондуктор, устанавливаемый на оголовке нижней секции [4];
3. железобетонные прецизионные многосекционные сваи, изготавливаемые в специальном формовочном блоке. Соединение элементов осуществляют специальным соединительным элементом (реверсный стык) [5].

Для свай первого типа используют стальные трубы диаметром 15…35 см. Элементы свай по мере вдавливания соединяют сваркой. После погружения сваи до проектной отметки полость трубы заполняют бетонной смесью и при необходимости армируют. Достоинством такой трубобетонной сваи является небольшая масса стального элемента и простота его установки на нижерасположенный. Основными недостатками являются следующие. Значительные затраты времени на соединение элементов. Общая длина сварных швов для микросваи на один стык составляет не менее 0,8…1,3 м. При этом продолжительность сварочных работ – более 0,4…0,8 часа. Таким образом, общие затраты времени на погружение элемента длиной 1,0 м - не менее 0,7…1,2 часа. Это определяет низкую производительность труда при устройстве свайного основания. Не менее важным недостатком является и сложность обеспечения соосности соединяемых элементов. Их несоосность приводит к значительному отклонению от нужного направления погружения, искривлению продольной оси сваи и действию на нее нерасчетных силовых факторов в фундаменте. Армирование ствола сваи приводит к работе арматуры в пластичной стадии и вызывает значительные сложности при заполнении внутреннего пространства трубы бетонной смесью. Имеет место и проблема обеспечения совместной работы стальной оболочки и бетонного

ядра сваи [3]. Трубчатая стальная оболочка, стальные детали стыков элементов в процессе эксплуатации подвергаются коррозии. Эффективная защита от коррозии затруднена из-за высокой абразивности грунта. При наличии в грунте включения, которое делает невозможным дальнейшее погружение трубчатой оболочки, ее извлечение и устройство лидерной скважины сопряжено со значительными затратами труда. При этом по существу невозможно повторное использование извлеченных элементов.

При производстве работ с использованием составных железобетонных свай с различным сечением ствола, соединение элементов может быть выполнено через инвентарный кондуктор. Достоинством такой сваи является небольшая масса элемента, простота и небольшая продолжительность его установки на нижерасположенный. Основными недостатками являются следующие. Соединение элементов является шарнирным и не содержит деталей, препятствующих их повороту. Это приводит к несоосности смежных элементов, отклонению сваи от первоначального направления погружения, искривлению продольной оси сваи и действию на нее нерасчетных силовых факторов в фундаменте. При наличии в грунте включения, которое делает невозможным дальнейшее погружение, ее извлечение и устройство лидерной скважины сопряжено со значительными затратами труда. Для этого необходимо использование специального экстрактора и возможно только для сваи с внутренней полостью. Однако, как правило, при отклонении сваи, так и при включениях в грунте необходимо погружать сваи-дубли, что приводит к возрастанию стоимости работ.

Технология, основанная на использовании свай из прецизионных элементов. Для соединения прецизионных элементов используется винтовой реверсный стык. Продолжительность соединения элементов составляет 3…5 минут. Устройство сваи предусматривает эффективную защиту арматуры и закладных деталей от коррозии, в том числе от агрессивного воздействия грунтовой воды. Для сваи обеспечивается равная прочность и жесткость по всей длине сваи, отклонение от перпендикулярности торцевых поверхностей элемента и его продольной оси не более 0,001. При наличии в грунте включения, которое препятствует погружению, сваю извлекают тем же домкратом или гидроцилиндром, которым погружают, последовательно отсоединяя элементы. Затем устраивают лидерную скважину и вновь погружают сваю, используя те же элементы. Такая свая может применяться как инвентарная для замены фундаментов, подъема объекта, его передвижки и т.п. Стык элементов включает детали, которые обеспечивают возможность использования сваи в качестве колонн при возведении подземных многоярусных частей объекта. Сваи с таким стыком и внутренней полостью позволяют использовать их в каче-

стве иглофильтров или скважин для защиты нулевого цикла объекта от грунтовой воды при его эксплуатации.

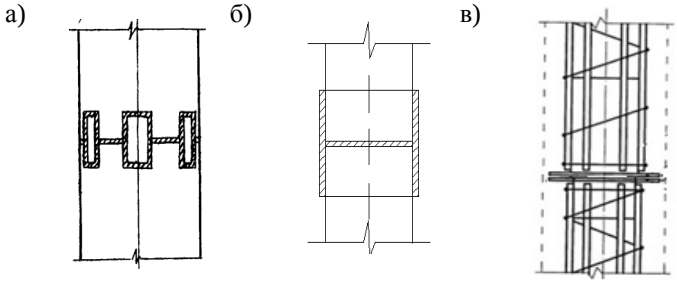


Рис. 1: а - сварной стык свай из стальных труб; б – стык свай через инвентарный кондуктор; в - стык прецизионных свай

Эффективность практического применения свай с различными стыками (рис. 1) рассмотрим, используя два фактора: способность воспринимать расчетные усилия стыком и его технологичность (табл. 1).

Таблица 1. Технологические преимущества и недостатки свай

Типы стыков	Технологические преимущества и недостатки								
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И
Сварной стык	-	25…45 -	изгибающий момент, растяжение, сжатие +	+	-	-	-	-	-
Стык с инвентарным кондуктором	+	10…12 + -	сжатие + -	+	+	+	+	+	-
Реверсный стык	+	3…5 +	изгибающий момент, растяжение, сжатие +	+	+	+	+	+	+

А – защита стыка от коррозии; Б – продолжительность соединение элементов, мин; В – способность воспринимать стыком действие силового фактора; Г – зимнее удорожание; Д – потребность в электроэнергии; Е – соосность соединения элементов; Ж – возможность извлечения сваи; З – возможность использования в качестве инвентарных; И – возможность

использования для решения специальных задач, например, возведение подземных многоярусных строительных систем, понижение уровня грунтовых вод.

Преимущества отмечены знаком «+», недостатки «-», неполное соответствие требованию «+-».

Выбор конструкции свайного фундамента определяется заданием на проектирование, специфическими условиями строительства, реконструкции, капитального ремонта объекта, возможностями производственной базы и строительной организации. Анализ результатов, формализованных и представленных в таблице показал, что технология, основанная на применении свай с реверсным стыком, имеет определенные преимущества, по сравнению с другими, используемыми в строительстве. Такая технология позволяет комплексно решать проблему освоения подземного пространства в стесненных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.ГОСТ Р 57342-2016/ЕН 14199:2005 Микросваи. Правила производства работ.

2.ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные.

3.СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования.

4.ГОСТ 19804-2012 Сваи железобетонные заводского изготовления. Общие технические условия

5.Пат. 2433911 Российская Федерация, МПК В 28 В 7/00. Арматурно-формовочный блок для изготовления сборных элементов / Ю.М. Придатко, А.В.Давыдов и др.; опубл. 20.11.2011; БИ № 32.

УДК 69.059

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВДАВЛИВАЕМЫХ МИКРОСВАЙ ДЛЯ УСТРОЙСТВА И УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

А.О. Мурашов, М.С Бочек, А.В. Давыдов, Ю.М. Придатко

Научный руководитель – Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена зависимость отношения лобового сопротивления сваи и несущей способности сваи по грунту от диаметра сваи. Определены рациональные параметры элементов микросвай.

Ключевые слова: *усиление фундамента, микросвая, параметры элементов, несущая способность, стесненные условия, грунтовая вода.*

DETERMINATION OF THE MAIN PARAMETERS OF COMPOSITE MICROPILES FOR BILDING AND STRENGTHENING FOUNDATIONS

A.O. Murashov, M.C. Bochek, A.V. Davydov, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor – Yu.M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The dependence between attitudes of pile's frontal resistance and bringing capacity of pile from diameter of the pile is considered. Optimal parameters of elements of micropiles are found.

Keywords: *strengthening foundations, micropile, parameters of elements, bringing capacity, closely conditions, ground water.*

Рациональное проектное решение свайного фундамента, которое обеспечивает наиболее полное использование прочностных и деформационных характеристик как прорезаемых слоев грунта, так и нижележащих, обладающих более высокими механическими показателями, осуществляют на основании технико-экономического сравнения возможных вариантов. Одним из таких решений для стесненных условий производства работ при новом строительстве, реконструкции, капитальном ремон-

те, реставрации являются фундаменты на микросваях [1]. Одним из их типов являются предварительно изготовленные (заводского изготовления), которые погружают вдавливанием. Их геометрические параметры оказывают существенное значение на выбор способа производства работ при устройстве свайного основания, типы и параметры машин и механизмов для их погружения.

Для геологических условий Ярославского региона по условиям взаимодействия с грунтом в основном характерны сваи, которые относят к категории висячих. Для них несущая способность по грунту (F_d) складывается из трения по боковой поверхности ($F_{тр}$) и лобового сопротивления грунта под нижним концом сваи ($F_л$). Очевидно, что при уменьшении размера ее сечения площадь боковой поверхности, приходящаяся на единицу объема, возрастает. Так, для сваи квадратного сечения уменьшение размера его стороны в два раза приводит к возрастанию суммарной площади боковой поверхности четырех равных по объему свай в 1,5 раза. Соответственно увеличивается и трение по боковой поверхности $F_{тр}$ и в целом F_d. Аналогичные рассуждения справедливы для свай с любой формой поперечного сечения. Таким образом, применение микросвай позволяет повысить эффективность затрат на устройство фундамента.

Для определения размера поперечного сечения, позволяющего определить конструкцию как микросваю, используем соотношение $F_л/F_d$. При этом расчет выполним для сваи круглого сечения диаметром $d_{сваи}$. Известно, что несущую способность по грунту определяют следующим образом:

$$F_d=\gamma_C(\gamma_R,R_{RA}+u\sum\gamma_{R,f}\, f_i\, h_i),$$

где γ_C, $\gamma_{R,R}$, $\gamma_{R,f}$ – коэффициенты условий работы;

R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа;

A – площадь опирания сваи на грунт, м^2;

u – наружный периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

f_i – расчетное сопротивление i-го слоя грунта, кПа;

h_i – толщина i-го слоя грунта, соприкасающегосяс боковой поверхностью сваи, м.

Первое слагаемое выражает сопротивление грунта под нижним концом сваи $F_л$, второе – определяет трение по боковой поверхности $F_{тр}$. Определим зависимость $F_л/F_d$ от $d_{сваи}$ для глины с показателем текучести 0,4 и песка средней крупности при его средней плотности. Диапазон варьирования диаметра сечения сваи примем, в основном, согласно [1,2] от 100 до 400 мм с шагом 50 мм. Такой диапазон варьирования $d_{сваи}$ установлен на основании нормативных требований. Минимальный диаметр определен из конструктивных требований. Для конструкций, эксплуатируемых в грунте, защитный слой бетона составляет не ме-

нее 35 мм; для микросвай [1, приложение С] из мелкозернистого бетона, работающих на сжатие и растяжение – 20 и 30 мм, из инъекционного раствора – 35 и 40 мм, из железобетона – 50 мм. Таким образом, при диаметре арматурных стержней d_a=10 мм и условии, что они должны располагаться по отношению друг к другу на расстоянии не менее d_a, в зависимости от технологии изготовления и при сплошном сечении сваи минимальный размер $d_{сваи}$ составляет 70…130 мм.

График зависимости отношения лобового сопротивления грунта под острием сваи и несущей способности сваи от ее диаметра для песка средней крупности при длине сваи 1 метр приведены на рис. 1. Такая зависимость характерна и для других грунтов и значений длины сваи (5, 10, 15 метров).

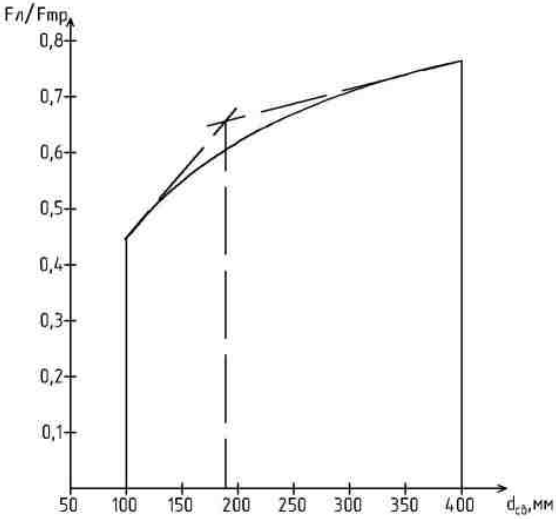


Рис. 1. Зависимость $F_л/F_d$ от $d_{сваи}$

На рис. 1 для крайних точек выбранного интервала варьирования диаметра определяем положение касательных.

Для свай длиной 1 метр, эксплуатируемых в песчаном грунте, уравнения касательных определяются выражениями

$\frac{F_л}{F_d}$(d)=2,495d+0,199 и $\frac{F_л}{F_d}$(d)=0,450d+0,585.

Для свай в глинистом грунте – соответственно:

$\frac{F_л}{F_d}$(d)=2,462d+0,77 и $\frac{F_л}{F_d}$(d)=0,474d+0,556.

Экстраполяцией определяем характерный размер диаметра, соответствующий точке пересечения касательных. Такой параметр$d_{сваи}$ для глинистого грунта 191мм, для песчаного грунта 189 мм. Таким образом, к сваям малого размера (или микросваям) по показателю $F_л/F_d$ следует отнести те, диаметр сечения которых не более 19см. Аналогичные рассуждения справедливы и для свай длиной 5,10,15 метров. Результаты вычислений представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характерный размер $d_{сваи}$ для разных длин свай

Длина сваи, м	Характерный размер $d_{сваи}$, мм		Характерное значение $d_{сваи}$, см
	Глинистый грунт с I_l=0,4	Пески средней крупности	
1	191	189	19
5	205	208	21
10	220	222	22
15	226	230	22

При увеличении длины сваи характерное значение $d_{сваи}$возрастает, но не существенно. По этому показателю размер ствола сваи, являющийся границей между сваями обычного размера и микросваями, составляет 19…22 см. При этом доля лобового сопротивления грунта под нижним концом сваи $F_л$ от несущей способности по грунту F_d составляет не более 0,65. Наличие такой границы подтверждает ряд известных работ. Их содержание отражено, например, в приложении 6 таблицы 7.2 СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Изменением N 1). - «Значение расчетного сопротивления под нижним концом забивных свай сечением 0,15х0,15 м и менее, используемых в качестве фундаментов под внутренние перегородки одноэтажных производственных зданий, допускается увеличивать на 20%».Техническая целесообразность применения микросвай подтверждается примечанием 3 таблицы 7.3 СП 24.13330.2011. Где указано, что «Значения расчетного сопротивления плотных песков на боковой поверхности свай f_i следует увеличивать на 30% по сравнению со значениями, приведенными в таблице». Целесообразность применения микросвай, погружаемых вдавливанием, определяется п.7 таблицы 7.4 этого нормативного документа – коэффициент условий работы грунта «при расчете несущей способности свай под нижним концом» при «погружении вдавливанием свай в пески крупные, средней крупности, мелкие,

пылеватые, в глинистые грунты с показателем текучести I_l<0,5» составляет $\gamma_{R,R}$ =1,1.

Для изготовления элементов железобетонных составных вдавливаемых микросвай используют специальные формы [3]из труб. Для этих целей могут быть использованы стандартные стальные трубы с толщиной стенки не менее 10…12 мм и наружным диаметром от 114 до 426 мм. При этом градация диаметра позволяет изготавливать элементы сваи более 20 типоразмеров. Для практических целей достаточно – 5…7.

Согласно [4] нормы по подъему и перемещению тяжестей предусматривают возможность для рабочих мужчин при чередовании с другой работой (до 2 раз в час) до 30 кг, а постоянно в течение рабочей смены до 15 кг. При этом предельно допустимые нормы разового подъема (без перемещения) тяжестей – не более 50 кг. Таким образом, наибольшие значения геометрических параметров элементов микросваи, определяются их массой – не более 90 кг. Для элемента из железобетона или мелкозернистого бетона, при его длине 100 см, которая обычно используется в практике строительства, диаметр его сечения может составлять 21…25 см. При этом длина элементов сваи может составлять более 1,2…1,4 м, а при 10 см – до 4,0…5,0 м. Применение таких свай, по сравнению с элементами длиной 1,0 м,позволяет существенно снизить стоимость их изготовления за счет уменьшения количества стыков, либо существенно уменьшить массу элементов. И то, и другое приводит к возрастанию производительности труда.

Целесообразность использования свай круглого сечения определяется тем, что норма времени при перемещении элементов сваи круглого сечения в 5 раз меньше [5, Е25-22], чем для элементов иной формы сечения. При этом состав технологического звена 3 такелажника.

Для повышения прочности и жесткости ствола сваи при действии горизонтальных нагрузок увеличение диаметра составной микросваи, при постоянной массе элемента, возможно [3] путем их изготовления с круглой полостью. Такие сваи можно использовать как иглофильтры для защиты подземной части объекта от грунтовой воды.

Таким образом, основные параметры микросвай, которые целесообразно использовать при усилении фундаментов в стесненных условиях: диаметр в основном от 100 до 220 и до 400 мм, длина элемента–от 1,0…1,2 до 2,0…5,0 м, масса элемента – до 90 кг, сплошного круглого сечения и с круглой полостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 57342-2016/ЕН 14199:2005 Микросваи. Правила производства работ. М.: Стандартинформ, 2016.

2. ГОСТ 19804-2012. Сваи железобетонные заводского изготовления. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014.
3. Пат. 2433911 Российская Федерация, МПК B 28 B 7/00. Арматурно-формовочный блок для изготовления сборных элементов / Ю.М. Придатко, А.В. Давыдов и др.; опубл. 20.11.2011; БИ № 32.
4. Письмо Минтруда России от 22.06.2016 №15-2/ООГ-2247. О работах, связанных с подъемом и перемещением тяжестей.
5. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е 25. Такелажные работы. М.: Госстрой СССР, 1988.

УДК 624.154

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ КОНСТРУКЦИЙ ФУНДАМЕНТОВ В ВЫШТАМПОВАННЫХ КОТЛОВАНАХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В Г. ЯРОСЛАВЛЕ

К.А. Разгуляева, О.Е. Машьянова, Ю.М. Придатко

Научный руководитель – Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Исследована эффективность технических решений набивных пирамидальных свай в выштампованных котлованах.

Ключевые слова: *малоэтажное строительство, фундамент, набивная свая, выштампованный котлован.*

OPTIMIZATION OF SIZE OF STRUCTURE OF THE FOUNDATION IN STAMPED PITS FOR THE CONSTRUCTION OF LOW-LEASE BUILDINGS IN YAROSLAVL

K.A. Razguliaeva, O.E. Mashianova, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor - Yu. M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines efficiency of technical solutions of printed pyramidal piles in stamped pits

Keywords: *low-rise, foundation, pyramidal monolithic piles, the stamped pits.*

Известно значительное разнообразие технологий устройства фундаментов малоэтажных жилых зданий. Одной из них является технология возведения фундамента на набивных сваях в выштампованных котлованах. Выемку для такой сваи образуют путем погружения в грунт штампа нужной формы и размера. Его извлекают после забивки на нужную глубину. В процессе устройства котлована под его нижней гранью образуется ядро уплотненного грунта. В пространстве, прилегающем к боковым граням, грунт также уплотняется. Это приводит к повышению механиче-

ских характеристик грунта, снижению его деформативности и увеличению несущей способности сваи. Осадки уменьшаются в 1,5…3,0 раза. Для повышения эффективности такой технологии выполняют уширенное основание. Для этого в дно и частично в откосы котлована внедряют щебень, гравий, жесткую бетонную смесь. После выштамповывания выемки бетонируют сваю[1].

В работе рассмотрена возможность повышения эффективности применения фундаментов в выштампованном котловане при строительстве двухэтажного одноквартирного дома с чердаком и подвалом. Дом бескаркасный с поперечной конструктивной системой. Стены подвала из монолитного бетона. Наружные стены из керамического кирпича с пенополистиролом облицованы кирпичом. Внутренние стены из керамического кирпича. Перекрытие из стандартных железобетонных многопустотных плит. Крыша двускатная с наслонной стропильной системой. Материал покрытия кровли – металлочерепица Монтеррей по деревянной обрешетке. Нагрузка, определяемая весом дома, равна 9719 кН.

При устройстве свайного основания имеет место некоторое превышение их несущей способности по грунту над минимально необходимой. Это определяется тем, что нормативными документами ограничено количество используемых в фундаменте типоразмеров свай, требованием располагать сваи на пересечении основных осей, анизотропностью грунта основания в плане и по глубине и т.п. Следствием является излишний расход материально-технических ресурсов (бетон, арматура и т.п.). В связи с этим изучена возможность уменьшения расхода материала при устройстве набивных свай в выштампованных котлованах путем изменения их геометрических параметров. Длину свай варьировали с шагом 0,25 м. Их основные размеры представлены в табл. 1.

Таблица 1. Геометрические параметры свай

Тип сваи	Длина сваи, м	Размер верхнего сечения, м	Размер нижнего сечения, м	Уклон боковых граней, д.е.
1	2,25	0,45	0,15	0,067
2	2,00	0,40	0,15	0,063
3	1,75	0,35	0,15	0,057
4	1,50	0,30	0,15	0,050
5	1,25	0,25	0,15	0,040

Для таких свай определяли несущую способность по грунту [2], проектировали свайное основание дома и определяли их количество. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчетов

Тип сваи	Длина сваи, м	Количество свай в фундаменте n, шт.	Несущая способность по грунту F_i, кН	Параметр Δ
1	2,25	29	550	0,640
2	2,00	30	453	0,398
3	1,75	36	367	0,359
4	1,50	47	290	0,402
5	1,25	59	222	0,348

В качестве характеристики эффективности фундамента принимали Δ. Ее значения определяли следующим образом:

$$\Delta = (F - P)/P, \text{ где}$$

F– суммарная несущая способность всех свай фундамента дома по грунту, кН,

P – общая нагрузка от дома на основание, кН.

При этом $F = \sum_{i=1}^{n}(F_i \times n_i)$, где

F_i -несущая способность по грунту i-й сваи, кН;

n – количество свай в фундаменте.

Результаты вычисления представлены в таблице 2.

Ранее установлено, что Δ определяет эффективность технического решения. Для диапазона значений менее 0,35 – техническое решение эффективно, в диапазоне от 0,35 до 1,00 – приемлемо, более 1,00 – неприемлемо и его необходимо принципиально изменить.

Теоретически минимальное значение параметра Δ равно нулю, когда суммарная несущая способность по грунту свай фундамента равна весу дома. Для рассмотренных типоразмеров по принятому показателю наибольшую эффективность имеет свайное основание со сваей типа 5.

Рассмотрим диапазон варьирования параметра Δ для принятых геометрических параметров свай и их несущей способности по грунту. Максимальное количество свай в фундаменте n_{max} определяется длиной ростверка $L_{роств}$ и минимальным допустимым расстоянием между сваями d_{min} из условия продавливания ростверка (рис. 1 и табл. 3). Длина ростверка здания составляет 75,0 м. При этом $n_{max}=L_{роств}/d_{min}$.

Минимальное количество свай в фундаменте определяем исходя из веса дома и несущей способности сваи по грунту. Максимальное расстояние d_{max} между сваями существенно влияет на конструктивное решение ростверка (сечение, армирование, тип ростверка и т.п.).

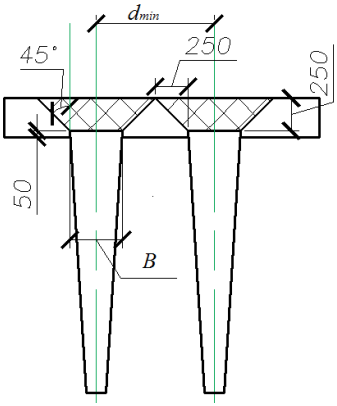


Рис. 1. Определение минимального шага свай в фундаменте

Таблица 3. Минимально и максимальное значение параметра Δ

Тип сваи	Длина сваи, м	Максимальный шаг свай в фундаменте d_{max},м	Минимальное количество свай в фундаменте n_{min}, шт.	Минимальное значение параметра Δ	Минимальный шаг свай в фундаменте d_{min}, м	Максимальное количество свай в фундаменте n_{max}, шт.	Максимальное значение параметра Δ
1	2,25	4,17	18	0,019	0,95	78	3,414
2	2,00	3,41	22	0,025	0,90	83	2,869
3	1,75	2,78	27	0,020	0,85	88	2,323
4	1,50	2,21	34	0,015	0,80	94	1,805
5	1,25	1,70	44	0,005	0,75	100	1,284

Для каждого типоразмера сваи определили минимальное и максимальное значения параметра Δ. Результаты представлены в таблице 3. Так, для сваи длиной 1,5 м минимальное значение Δ_{min} =0,015, максимальное Δ_{max}=1,805 и вычисленное для фундамента дома 0,402. Таким образом, значение характеристики эффективности, приведенное в таблице 2 и равное 0,402, свидетельствует о том, что для принятого конструктивного решения свайного основания дома оно существенно меньше 1,0 и значительно меньше максимального.

Таким образом, технология устройства искусственного основания в выштампованных котлованах обеспечивает возможность возведения эффективных набивных пирамидальных свай. Для рассмотренных типоразмеров установлено, что наиболее эффективны сваи длиной 1,25 м. Для свай длиной 1,5 и 2,0 м, имеющих по существу одинаковое значение Δ (0,40), выполнено экономическое сравнение свайного основания дома. При этом определено, что при длине 1,5 м стоимость свайного основания на 9% меньше. То есть, при меньшей длине свай эффективность устройства основания возрастает. Именно такую тенденцию указывает характер изменения Δ.

Таким образом, принятая методика оптимизации параметров свайного основания позволила установить их рациональные значения для конструкций фундаментов жилых зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Разгуляева К.А*. Разработка технологии устройства фундаментов пирамидальной формы для малоэтажных жилых зданий / К.А. Разгуляева, О.Е. Машьянова, Ю.М. Придатко // Юбилейная семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Сборник материалов конференции. Часть 2 [электронный ресурс] http://www.ystu.ru/download/2_Sbornik_materialov_70_Conf_2017.PDF;
2. СП 50.102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов. www.consultant.ru;

УДК 691.554

ШТУКАТУРНОЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ ВОЗДУШНОЙ ИЗВЕСТИ И МОДИФИЦИРОВАННОГО ДРЕВЕСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Ю.С. Секерина, Ю.М. Придатко

Научный руководитель - Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье описано разработанное штукатурное покрытие, изготовленное на основе извести, гашение которой осуществлялось специальной дисперсией для гашения, а также приведено сравнение физико-механических и прочностных характеристик разработанного штукатурного покрытия с приготовленным традиционной технологии.

Ключевые слова: *штукатурное покрытие, вяжущее, известь, вторичное сырьё, композиционный материал, адгезия.*

THE PLASTER BASED ON AERIAL LIME AND MODIFIED WOOD FILLER

Yu.S. Sekerina, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor - Yu.M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article describes the developed plaster coating based on lime, the quenching of which was carried out with a special dispersion for quenching, also a comparison of physical and mechanical and strength characteristics of the developed plaster coating with the traditional technology prepared.

Keywords*: plaster coating, binder, lime, recycled materials, composite material, adhesion.*

Штукатурное покрытие широко применяется в качестве отделки несущих и ограждающих конструкций. Его выполняют не только с целью

повышения эстетической привлекательности помещений, но и обеспечения защиты строительных конструкций от огня, коррозии и воздействия агрессивных сред.

Предлагаемая разработка направлена на совершенствование и увеличение эффективности строительного производства и применяемых технологий, а также максимальное использование имеющихся сырьевых ресурсов и вторичную переработку отходов промышленности.

Новая разрабатываемая технология изготовления штукатурной растворной смеси, подразумевает получение вяжущего путем гашения воздушной извести специальной дисперсией, включающей культуральную жидкость, мелкодисперсную древесину и раствор мелассы. В процессе жизнедеятельности микроорганизмов образуются вещества, участвующие в физико-химических процессах гашения. Использование новой технологии гашения извести приводит не только к значительному изменению качества продукта, но и получению вяжущего с новыми свойствами.

В ходе работы исследовались физико-механические и прочностные характеристики разработанного известкового штукатурного покрытия для слоя обрызга.

Применение дисперсии для гашения увеличивает подвижность штукатурной растворной смеси от 2,1% до 11,6% в зависимости от концентрации культуральной жидкости, при этом плотность снижается на 1,5-2%, по сравнению с традиционной технологией получения известкового вяжущего. Данные характеристики улучшают перекачиваемость смеси штукатурными станциями, что повышает производительность при выполнении отделочных работ.

Кроме того, использование дисперсии для гашения повышает удобоукладываемость растворной смеси, а водоудерживающая способность возрастает на 2% и составляет 97%, что обеспечивает равномерное схватывание и набор прочности штукатурного раствора, в то время как штукатурное покрытие, полученное по традиционной технологии, на 60% образцов дало усадочные трещины.

Согласно результатам эксперимента, представленным на рис. 1, прочность на сжатие образцов-кубов штукатурного раствора, приготовленного по традиционной технологии, 0,34МПА, а применение разрабатываемой технологии повышает её до 23,5% и составляет 0,39-0,42МПА.

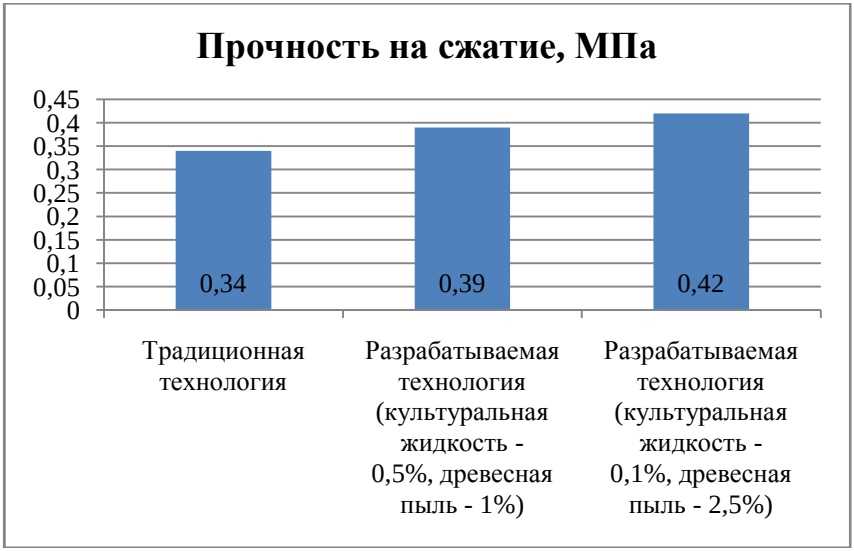


Рис. 1. Прочность на сжатие образцов-кубов штукатурного раствора

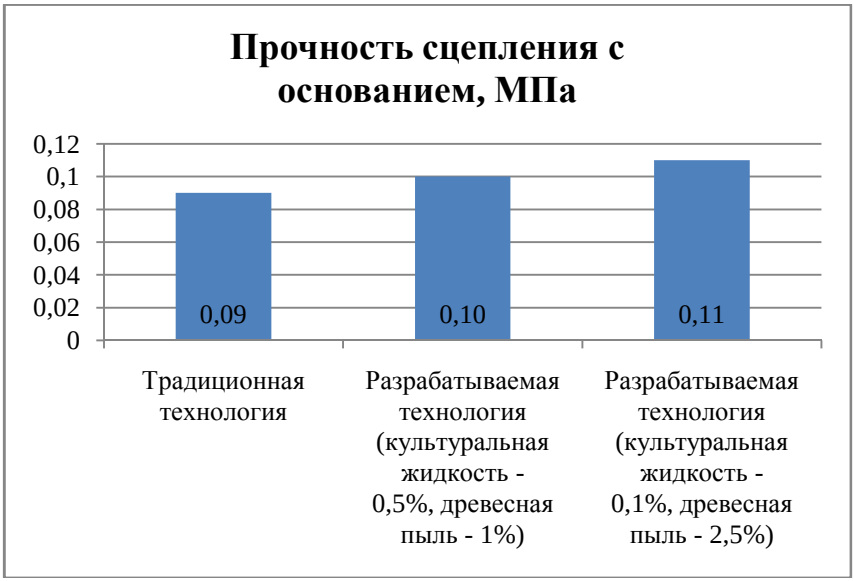


Рис. 2. Прочность сцепления штукатурного раствора с основанием из керамического кирпича

Как следует из рис. 2, при применении разработанного штукатурного покрытия повышается отрывная адгезия к основанию с 0,09 МПА (по традиционной технологии) до 0,1-0,11МПА (по новой разрабатываемой технологии). Кроме того, при испытаниях на адгезию в большинстве случаев происходил когезионный отрыв по штукатурному раствору, то есть прочность сцепления раствора с основанием больше прочности самого раствора.

Таким образом, при применении известкового штукатурного покрытия на модифицированном вяжущем повышаются прочностные и адгезионные характеристики, по сравнению с известковой штукатуркой, приготовленной по традиционной технологии. Кроме того, применение в данной технологии отходов промышленности, таких как древесная пыль и меласса, решает вопрос их утилизации и повышает экологичность получаемого материала.

При устройстве штукатурного покрытия по предлагаемой технологии повышается трещиностойкость слоев штукатурки, а также получаются гладкие белые поверхности, подходящие под оклейку обоев без дополнительной подготовки.

Также немаловажным является экономический эффект предлагаемой технологии, заключающийся в снижении себестоимости производства штукатурных работ за счет отсутствия дорогостоящей подготовки основания благодаря повышенным адгезионным характеристикам получаемого продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2073660 РФ, С04В2/06. Раствор для гашения извести / Ю.М. Придатко, А.Б. Лебедев, В.Л. Шабров и др.; опубл. 20.02.1997.

2. Пат. 2081072 РФ, С04В2/06. Способ получения гашёной извести / Ю.М. Придатко, А.Б. Лебедев, В.Л. Шабров и др.; опубл. 10.06.1997

3. *Шепелев А.М.* Штукатурные работы. Учебник для проф.-техн. училищ и подготовки рабочих на производстве. 10-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1983. 144 с.

4. СП 71.13330.2017 Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87 [Электронный ресурс]: Профессиональные справочные системы «Техэксперт». АО «Кодекс», 2017. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/456082588

УДК 699.828

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ ОТ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЗАО «ХРОМ» В Г. ЯРОСЛАВЛЕ

Д.Е. Филимонов, Ю.М. Придатко

Научный руководитель – Ю.М. Придатко, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются варианты защиты здания от негативного влияния грунтовой воды с использованием специальной дренажной системы.

Ключевые слова: дренаж, грунт, грунтовая вода.

JUSTIFICATION OF TECHNOLOGY OF PROTECTION AGAINST GROUND WATER OF THE SPORTS COMPLEX OF CJSC «HROM» IN CITY YAROSLAVL

D.E. Filimonov, Yu.M. Pridatko

Scientific Supervisor – Yu.M. Pridatko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Options of protection of the building against negative impact of a stream of ground waters, by design of the drainage, water taking away systems are considered.

Keywords: drainage, soil, ground water.

Объект исследования – спортивно-оздоровительный корпус ЗАО «Хром», расположенный по ул. Большая Федоровская в г. Ярославле. Здание построено в конце 18 века. Двухэтажное бескаркасное с несущими продольными и поперечными стенами. Размер здания в осях – 19,9х52,4 м. Высота этажа 4,0 м. Нулевая отметка чистого пола первого этажа на 0,8…0,9 м ниже отметок планировки. Фундамент – ленточный, бутовый, отметка заложения – 0,4…0,5 м. Размер камня в основном 20…50 см и до 80…100 см окатанной и постелистой формы. Нулевой отметкой является уровень чистого пола первого этажа. Горизонтальная гидроизоля-

ция отсутствует. Кровля скатная по деревянной наслонной стропильной системе. Наружные стены – толщиной 90 см из керамического кирпича на известково-песчаном растворе. Междуэтажное перекрытие сводчатое из кирпича, покрытие плоское по стальным балкам.

Необходимость устройства дренажной системы определяется наличием грунтовой воды на глубине 2,0…2,5 м. Подъем в весеннее и осеннее время составляет 0,5…0,7 м. За счёт капиллярного подъёма воды происходит замачивание стен на всю высоту до карниза.

Известно, что для защиты объекта от грунтовой воды, возможно использование открытого и закрыто типа дренажных систем. Для условий действующего предприятия открытая дренажная система не приемлема.

При устройстве горизонтального закрытого дренажа, трубчатые дрены прокладывают на некотором расстоянии от стен здания с учетом гидрогеологических условий, требований безопасности при производстве работ и эксплуатации объекта. В траншеи укладывают перфорированные дренажные трубы с уклоном на подстилающий слой толщиной не менее 15 см, выполненный из песка. В качестве дренажных в основном используют керамические, хризотилцементные, бетонные, железобетонные и поливинилхлоридные трубы. Материал труб выбирают в зависимости от глубины заложения дрены и агрессивности среды [3].

Минимальный уклон труб, как правило, 0,005 [3]. Вокруг труб устраивается фильтровая обсыпка - щебень фракции 40…60 мм [1]. Трубы в верхней части на одну треть диаметра перфорированы пропилами шириной 8…10 мм с шагом 20…25 см. Количество отверстий для перфорации труб определяют расчетом [3]. Дренажные смотровые колодцы устраивают не реже, чем через 50 м на прямолинейных участках дренажа, а также в местах поворотов, пересечений и изменения уклонов дренажных труб [2] . Вода через фильтрующий слой дренажа просачивается в перфорированные отверстия трубы, и под уклоном стекает в ливневую канализацию, а затем за границы участка. Для защиты дренажной системы от заиливания, а прилегающие массивы грунта от суффозии, по поверхности труб устраивают защитную оболочку из геотекстиля.

Закрытый тип дренажной системы имеет определенные технические недостатки. При эксплуатации через засыпку траншей грунтовая и атмосферная вода свободно проникает к конструкциям заглубленной части объекта. Для предотвращения их замачивания необходима эффективная комплексная система гидроизоляции, включающая как гидроизоляцию стен, так и фундамента из бутового камня. Однако надежное решение такой проблемы по существу не представляется возможным. Такая дренажная система по существу неремонтопригодна, отсутствует возможность прямой оценки ее работоспособности.

Для решения указанной проблемы разработана полузакрытая дренажная система. Она представляет собой проходной канал из железобетона по всему периметру объекта. Основные элементы дренажной системы следующие. Вдоль фундамента наружных стен объекта с шагом 1 м выполнены стойки, параллельно им на расстоянии 1,2 м - подпорная стена толщиной 0,1 м.Стойки и стена объединены в систему поперечных рам ригелями сечением 0,2х0,15 м. Канал перекрыт сборными плитами размером 1,2х2,0 м,по которым выполнена отмостка. Дно канала выполнено с уклоном, и обеспечивает эффективный сбор и отвод грунтовой воды в приемные колодцы ливневой канализации.

Такая дренажная система обладает существенными преимуществами. Ее способность собирать и пропускать грунтовую воду многократно превышает возможность закрытой. Она имеет наивысшую степень ремонтопригодности. Причем возможен ремонт как текущий, так и капитальный, возможна реконструкция всей системы с целью приема грунтовой воды от смежных автономных систем водосбора и удаления. Она обеспечивает не только собственную ремонтопригодность, но и фундаментов и цоколя объекта. Долговечность такой дренажной системы сопоставима с долговечность объекта, а межремонтный цикл (для капитального ремонта) для принятых характеристик используемых материалов составляет не менее 50 лет. При необходимости он может быть увеличен.

Единовременные затраты по устройству полузакрытой дренажной системы выше, чем для закрытой. Однако затраты на ее эксплуатацию многократно меньше. Окончательное решение обосновывается технико-экономическим сравнением с учетом затрат на эксплуатацию и ремонтопригодности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. Дата введения 01.01.1995.
2. Руководство по проектированию дренажей зданий и сооружений. Утверждено и введено в действие указанием Москомархитектуры от 20.11.2000 N 48.
3. СП 104.13330.2016 Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85. Дата введения 17.06.2017.

УДК 691.32

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КРОВЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.А. Демчук, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Характеристика кровельных штучных материалов: легкость, прочность, жесткость, долговечность. Описываются преимущества изготовления цементно-песчаной черепицы, содержащей полипропиленовую фибру.

***Ключевые слова**: фиброволокно, черепица, прочность, долговечность.*

COMPARATIVE EVALUATION OF ROOFING PRODUCTS FROM VARIOUS MATERIALS

V.A. Demchuk, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – V.B. Dobrokhotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The characteristics of sheet roof tiles are: lightness, high strength, high stiffness, and durability. This paper describes an advantages of using fibre cement roofing tiles.

***Keywords**: fiberglass, roof tile, strength, durability*

На протяжении многих десятилетий цементно-песчаная черепица является и будет являться в дальнейшем одним из самых популярных кровельных решений во всем мире. С целью оптимизации затрат на строительство, инженеры постоянно находятся в процессе поиска новых эффективных легких материалов для устройства кровли, позволяющих минимизировать затраты по изготовлению, установке и обслуживанию. В настоящее время в качестве материала для покрытия кровель малоэтажных зданий часто используют штучные материалы, такие как металлочерепица, асбестоцементные листы, керамическая черепица, цементно-песчаная черепица. В последнее время конструкции крыши все чаще рас-

сматривают с точки зрения эстетической привлекательности, экологичности и долговечности.

Объем мирового рынка кровельных материалов по состоянию на 2015 год оценивался в $105,4 млрд и, согласно прогнозам, среднегодовой темп роста составит 3,1% с 2016 по 2025 год [1]

Металлочерепица – кровельный материал, представляющий собой прокатный стальной оцинкованный лист, толщиной 0,4-0,5мм. На российском рынке металлочерепица представлена в основном профилированными листами

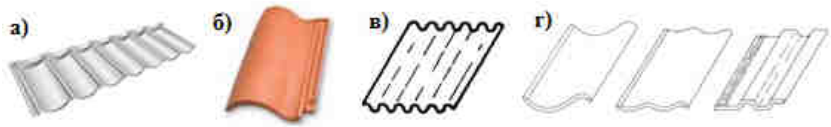


Рис. 1. Виды кровельных изделий: а) металлочерепица; б) керамическая черепица; в) асбестоцементный лист; г) цементно-песчаная черепица

К достоинствам данного кровельного материала можно отнести относительно небольшой вес - 4-4,5 кг/кв.м покрытия, а следовательно, и малые трудозатраты при монтаже; стойкость к воздействию УФ-лучей, к перепадам температуры; возможность выполнения геометрически сложных кровель. Однако существует и ряд недостатков, среди которых числятся повышенный уровень шума во время дождя, града, что вызывает дискомфорт и требует дополнительной звукоизоляции; подверженность коррозии мест стыков и поврежденного защитного слоя; дополнительные затраты, связанные с устройством молниеотводной системы. Наличие скользкой поверхности представляет собой как достоинство, так и недостаток: данная кровля не задерживает грязь и снег на своей поверхности, ввиду чего не нуждается в особом уходе с одной стороны, а с другой стороны – снег, сходящий с ее поверхности, подвергает опасности людей, находящихся поблизости. Кроме отмеченных очевидных достоинств и недостатков металлочерепицы, существует нюанс, на который нельзя не обратить внимание. Многие производители, ввиду высокой конкуренции на рынке, стараются снизить цену и себестоимость продукции, используя более дешевое, не всегда качественное сырье, выполняя некачественное покрытие стали, а также уменьшая толщину листа, которую оценить визуально практически невозможно ввиду достаточно малой его толщины (0,4-0,5 мм). Эти мероприятия, несомненно, сказываются на качестве металлочерепицы и вместо заявленных 30-50 лет, металлочерепица нуждается в замене спустя несколько сезонов эксплуатации.

Керамическая черепица – кровельный материал, изготавливаемый из глины с последующим обжигом при температуре 1200 °С. Керамическая черепица огнеупорна, устойчива к воздействию атмосферных осадков, перепадам температур и агрессивным влияниям окружающей среды, не накапливает статическое электричество, не подвержена воздействию коррозии. К ее преимуществам также относится низкая теплопроводность и высокая шумоизоляция, что является полной противоположностью кровли из металлочерепицы. Однако у керамической черепицы существует ряд недостатков. Наличие пор в глине с одной стороны способствует снижению теплопроводности черепицы, а с другой стороны – является причиной попадания в нее влаги, при замерзании которой происходит разрушение черепицы. Соответственно, чем выше относительный объем пор, доступных для проникновения воды, тем ниже морозостойкость. Российские производители низкокачественной керамики нанесли вред имиджу керамической черепицы, вследствие чего применение данной черепицы в условиях северного климата является нежелательным. По массе керамическая черепица превосходит металлочерепицу в 10 раз, в результате чего возникают дополнительные нагрузки на несущие конструкции. Также возникающие в процессе изготовления керамической плитки сложности связаны с соблюдением тщательного температурного контроля в печи, в противном случае характеристики готовой черепицы могут оказаться неодинаковыми в разных ее точках.

Использование асбестоцементных волнистых листов в качестве матерала для покрытия кровель, несмотря на их невысокую стоимость, в последнее время сводится к минимуму ввиду эстетических и экологических соображений, а также из-за его хрупкости и коробления при изменении влажности.

Цементно-песчаная черепица, также являясь натуральным изделием, пользуется спросом в связи с ее экономическим преимуществом по сравнению с керамическим аналогом. Более доступная стоимость, по сравнению стала возможной благодаря отсутствию в технологии производства такого дорогостоящего и сложного этапа, как обжиг. К достоинствам цементно-песчаной черепицы можно отнести экологическую чистоту; эстетичный внешний вид; неподверженность к коррозии и гниению; огнестойкость; хорошая вентиляция кровли; хорошая тепло- и шумоизоляция. На сегодняшний день цементно-песчаная черепица является весьма перспективным материалом для покрытия кровли, однако ее вес (50-60 кг/ кв.м покрытия) и невысокая долговечность являются главными факторами, сдерживающими применение данной черепицы в крупных масштабах.

В исследовании 1991 года ООН-Хабитат [2], было произведено сравнение потребности в энергии для устройства кровли из различных видов черепицы. Было установлено, что металлочерепица требует порядка 600 МДж/м^2 затрат энергии, керамическая черепица - на 75% меньше, а цементно-песчаная черепица вдвое меньше, чем керамическая.

Таблица 1. Сравнительные энергетические затраты для устройства кровли из различных материалов на кв.м

Вариант, материал	Материал, ед.изм	Количество	Затраты на единицу, МДж	Суммарные затраты, МДж
Металлочерепица	Металл, кг	10	60	600
Керамическая черепица	Глина, кг	50	3	150
Цементно-песчаная черепица	Цемент,кг	8	8	67

Из анализа информации о современных кровельных материалах и отмеченных недостатках каждого из них, следует вывод о необходимости усовершенствования существующих материалов. Принимая во внимание результаты предыдущей работы [3], на основе изученной фибробетонной смеси существует возможность изготовления кровельного материала, обладающего повышенными физико-механическими характеристиками, аналогом которого является цементно-песчаная черепица, отличающаяся наличием полипропиленовой фибры.[3].

Волнистые листы, за счёт имеющихся рёбер, обладают достаточной прочностью для восприятия нагрузок (в том числе снеговых, ветровых). При этом имеются сложности в процессе монтажа данных изделий, связанные с их закреплением при установке в проектное положение. Кроме того, изготовление данных изделий – достаточно трудоемкий процесс.

Изученная технология [3] позволяет изготавливать черепицу без ребер, то есть плоскую, воспринимающую нагрузки благодаря содержащимся в ней волокнам синтетической фибры, в связи с чем упрощается процесс изготовления данных изделий и их монтаж. В проведённом ранее исследовании [3] установлено повышение прочности материала на изгиб при введении волокон полипропиленовой фибры до 12 МПа. Теоретически, благодаря такому увеличению прочности на изгиб, имеется возможность изготовления черепицы более крупных размеров. Однако, учитывая тот факт, что изготовление черепицы производится с использованием пресса, а удельное давление прессования прямо пропорционально уси-

лию прессования и обратно пропорционально площади прессования, то для изготовления черепицы более крупных размеров потребовалось бы увеличение усилия прессования. Данные мероприятия предполагают дополнительные экономические затраты, связанные с техническим перевооружением, а также представляют сложность с технической точки зрения касательно имеющегося у оборудования предела по усилию прессования. Таким образом, введение полипропиленового волокна исключительно в целях повышения предела прочности материала на изгиб в определенной степени не актуально в связи с достаточностью прочности на изгиб существующей на рынке черепицы для восприятия возникающих усилий. Однако введение фиброволокна в цементно-песчаную черепицу представляет интерес, связанный с повышением морозостойкости и следовательно долговечности материала, что отмечается некоторыми литературными источниками [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. GrandeViewResearch [Электронный ресурс]: Научный Интернет ресурс. Режим доступа: http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/roofing-materials-market

2. Energy for Building, United Nations Centre for Human Settlements HABITAT, Nairobi, 1991.

3. *Демчук В.А.* Разработка технологии получения мелкозернистого фибробетона для листовых изделий // Юбилейная семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. 19 апреля 2017 г., Ярославль: сб. матер.конф.: в 3 ч. Ч.2. Издат. дом ЯГТУ, 2017. С. 603-611.

4. *Жаворонков М.И.* Определение характеристик разрушения и модуля упругости фибробетона // Известия КГАСУ. 2015. № 3. С.114-120.

УДК 691.327.3

РАЗРАБОТКА УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕКРЫТИЙ С КЛАДКОЙ ИЗ ПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ БЛОКОВ. РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

В.В. Бокарев, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Объектом исследования является изучение влияния различных узлов сопряжения перекрытий с полистиролбетонной кладкой на ее прочностные характеристики.

Ключевые слова: *полистиролбетон, прочность, кладка, железобетон.*

DEVELOPMENT OF OVERLAPPING UNITS WITH MASONRY FROM POLYSTYRENE CONCRETE BLOCKS. CALCULATION OF CARRIED CAPACITY

V.V. Bokarev, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – V.B. Dobrokhotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The object of the study is to study the influence of various knots of overlapping with polystyrene-concrete masonry on its strength characteristics

Keywords: *polystyrene concrete, strength, masonry, reinforced concrete*

Полистиролбетон является одной из разновидностей легкого бетона, имеющий отличительную особенность – наличие в своем составе пористого заполнителя – гранул вспененного полистирола. Также в состав полистиролбетона входит минеральное гидравлическое вяжущее цемент, вода и воздухововлекающая добавка.

При необходимости получения более высоких плотностей, в состав полистиролбетона может входить минеральный заполнитель песок.

Однако добавление песка в данный бетон существенно ухудшает теплотехнические свойства будущей конструкции.

Данный материал в настоящее время становится серьезной альтернативой пенобетону и газобетону из-за более широкой области применения, простоты изготовления и значительно лучших характеристик материала (например, вес кубометра наиболее легкой версии полистиролбетона менее 200 кг, а газобетона или пенобетона варьируется от 400 кг и более).

В значительной мере снижается трудоемкость кладки стен из-за свойств материала, которые благоприятствуют изготовлению крупных блоков.

По сравнению с бетонными, полистиролбетонные конструкции имеют меньшую массу. Это значительно снижает расходы на транспортировку, кладку и обработку. Также появляется возможность не использовать тяжелую грузоподъемную технику при строительстве. Суммарная нагрузка от сооружения получается намного меньше, что существенно снижает затраты на возведение фундамента.

Для того чтобы полистиролбетон обладал достаточной несущей способностью, он должен иметь значительную прочность, не имея при этом большой плотности, иначе увеличивается вес строительных конструкций, а также ухудшаются теплотехнические показатели. Тем самым, возникает огромная задача – оптимизация прочностных и теплотехнических показателей изготавливаемых изделий.

Технология возведения малоэтажных зданий из полистиролбетонных блоков имеет свою специфику. Из-за низкой прочности данных блоков, в сравнении с кирпичом, здания не могут быть более трех этажей, а самое главное, сопряжение плит перекрытия кардинально отличается от традиционной технологии.

Как правило, на рынке строительных материалов преобладают полистиролбетонные блоки прочностью намного ниже чем В7,5, а именно при этой прочности и выше значительно сокращаются расходы при монтаже плит перекрытия. В обоих случаях рекомендуется ставить сетки косвенного армирования с укладкой в штробы. Значительные расходы при применении менее прочных блоков, чем В7,5 заключаются в необходимости устройства специального замкнутого по периметру железобетонного армопояса. Данная конструкция перераспределяет усилия от перекрытия, тем самым предотвращая смятие полистиролбетонных блоков.

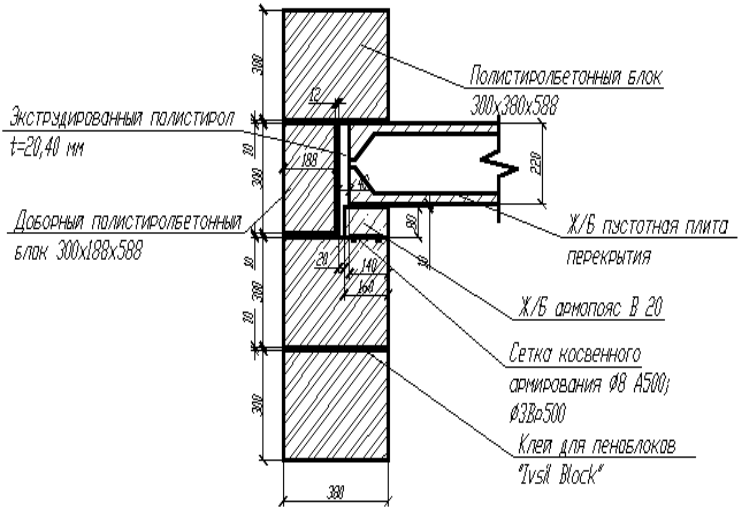


Рис. 1. Узел сопряжения плиты перекрытия с полистиролбетонной кладкой с применением армопояса

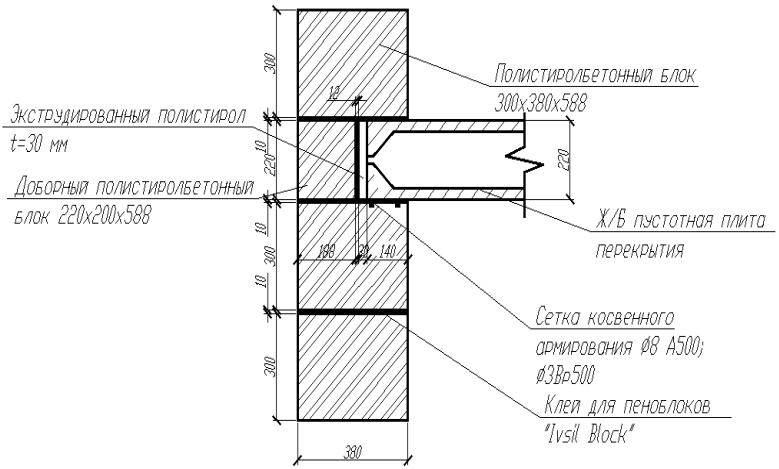


Рис. 2. Узел сопряжения плиты перекрытия с полистиролбетонной кладкой без применения армопояса

Главным преимуществом разработанных узлов (рис. 2) по сравнению с аналогами (рис. 1) является то, что исключается необходимость использования дополнительной техники и оборудования для создания конструкций усиления, а именно создание армопоясов. Обусловлено это тем, что собственная прочность блоков В7,5 позволяет укладывать плиты перекрытия непосредственно на блоки, предотвращая смятие, которое являлось проблемой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51263-2012 Полистиролбетон. Технические условия.
2. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2002. 500 с.
3. Технология конструкционных материалов: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В.А. Кузнецов, А.А. Черепахин, А.В. Шлыкова, Н.Ф. Шпунькин. М.: Изд-во АСВ,1999. 355 с.

УДК 691.421

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

М.В. Грибков, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено применение дилатометрического метода измерения морозостойкости для определения долговечности конструкций, выполненных из керамического кирпича.

Ключевые слова: *керамический кирпич, морозостойкость, долговечность.*

DETERMINATION OF DURABILITY OF CONSTRUCTIONS MADE OF CERAMIC BRICKS

M.V. Gribkov, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – V.B. Dobrokhotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Learn about how to use dilatometricheskogo resistance measurement method for determining durability of constructions made of ceramic brick.

Keywords: *ceramic brick, frost resistance, durability.*

Для строительных конструкций, работающих на открытом воздухе, характерно замачивание водой совместно с последующим замораживанием и оттаиванием. Результатом являются поверхностные и структурные повреждения материалов конструкций, сопровождаемые снижением целостности, несущей способности и непроницаемости. Возникает необходимость усиления или замены поврежденных конструкций. Широко распространенным материалом для несущих и ограждающих конструк-

ций является керамический кирпич. Его долговечность может быть охарактеризована морозостойкостью.

Целью данной работы является измерение морозостойкости керамического кирпича, отобранного из конструкций эксплуатируемого здания и последующее заключение об их состоянии и возможности дальнейшей эксплуатации.

В качестве материала для исследования был выбран кирпич керамический рядовой полнотелый.

Измерение морозостойкости керамического кирпича проводили дилатометрическим методом с проведением испытаний через каждые 5 циклов замораживания-оттаивания.

При исследовании данным методом образцы взвешиваются в сухом виде, насыщаются водой в течение 48 часов и снова взвешиваются в водонасыщенном состоянии. Далее производится цикличное замораживание-оттаивание в морозильной камере при температуре -20 °С. Каждый 5-й цикл производится испытание в дилатометре ДОД-100К/3. Дилатометрический метод основан на тарировочной зависимости показателя морозостойкости, определяемого количеством циклов замораживания-оттаивания, от объемных температурных деформаций материала.

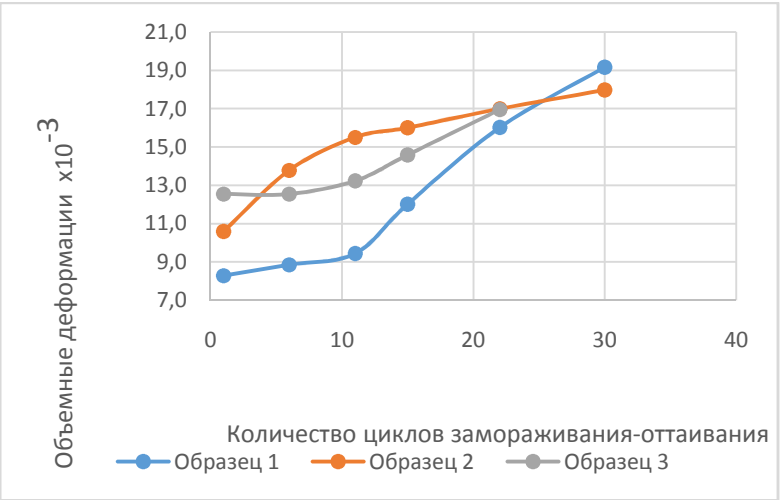


Рис. 1. Зависимость относительных объемных деформаций образцов кирпича керамического, отобранного из конструкции, от количества циклов замораживания-оттаивания

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что прирост

относительных объемных деформаций данных образцов невелик. Это свидетельствует о том, что момент снижения прочностных характеристик данной группы образцов еще не наступил.

Таким образом, можно сделать вывод, что несущие конструкции обследуемого здания не имеют признаков существенного морозного повреждения, следовательно, их дальнейшая эксплуатация возможна при регулярном мониторинге.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 530-2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия / Ассоциация производителей керамических материалов, ООО «ВНИИСТРОМ «Научный центр керамики»». М.: «Стандартинформ», 2013.
2. ГОСТ 7025-91 Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости / НИИ строительной физики Госстроя СССР. М.: «Стандартинформ», 2006.
3. ГОСТ 8462-85 Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе / Минпромстройматериалов СССР; ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. М.: «Стандартинформ», 2001.

УДК 691.421

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПЕНОПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

В.А. Голубева, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Объектом исследования является изучение физико-механических свойств пенополистиролбетонных блоков. В частности рассматриваются теплоизоляционно-конструкционные свойства, производится сравнение с иными различными строительными материалами.

Ключевые слова: *физико-механические свойства, пенополистиролбетон, теплоизоляция.*

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF EFFECTIVE POLYSTYRENE FOAM CONCRETE PRODUCTS

V.A. Golubeva, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – V.B. Dobrokhotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The object of research is to study the physical and mechanical properties of expanded polystyrene concrete blocks. In particular, thermal insulation and structural properties are considered, comparison with other building materials is made.

Keywords: *physical and mechanical properties, expanded polystyrene concrete, heat insulation.*

В современных условиях возрастающей проблемы энергосбережения, на первый план выходит проблема энергоэффективности, одним из путей решения которой является рационального использования потребляемых ресурсов.

Если говорить о строительстве, в первую очередь затрагивается вопрос использования строительных материалов, сочетающих в себе конструкционные и теплоизоляционные свойства.

Одним из разновидностей такого материала является пенополистиролбетонные стеновые блоки, представляющие собой смесь цемента, воды, пенообразующих добавок, а также где в качестве легкого заполнителя используются гранулы вспененного полистирола. По своим свойствам полистиролбетон относится к легким бетонам, однако имеет ряд существенных отличий. К его достоинствам относят возможность варьирования в широких пределах его плотности. Полистиролбетон может быть как теплоизоляционным, так и конструкционным материалом.

Таблица 1. Технические характеристики полистиролбетона различного назначения

Марка по плотности	Класс (или марка) по прочности на сжатие	Средняя прочность бетона, при Vn=18%	Марка по морозостойкости	Коэффициент теплопроводимости в сухом состоянии, Вт/(м·°С)	Прочность на растяжение при изгибе, МПа
Теплоизоляционный полистиролбетон					
D 150	M 2	–	–	0,055	0,08
D 175	M 2-M 2,5	–	–	0,060	0,08-0,10
D 200	M 2,5-M 3,5	–	–	0,065	0,10-0,15
Теплоизоляционно-конструкционный полистиролбетон					
D 250	B 0,35-B 0,5	0,51-0,73	F 25-F 35	0,075	0,25-0,35
D 300	B 0,5-B 0,75	0,73-1,09	F 35-F 50	0,085	0,35-0,5
D 350	B 0,75-B 1,0	1,09-1,45	F 50-F 75	0,095	0,5-0,6
Конструкционно-теплоизоляционный полистиролбетон					
D 400	B 1,0-B 1,5	1,45-2,16	F 50-F 75	0,005	0,60-0,65
D 450	B 1,5-B 2,0	2,16-2,90	F 50-F 75	0,115	0,65-0,70
D 500	B 2,0-B 2,5	2,90-3,60	F 75-F100	0,125	0,70-0,75
D 550	B 2,5-B 3,5	3,60-5,00	F 75-F100	0,135	0,72-0,78
D 600	B 2,5-B 3,5	3,60-5,00	F 75-F100	0,145	0,75-0,80

Любая стена жилого дома, вне зависимости от конструкции и применяемых материалов, должна совмещать выполнение ряда обязательных требований и функций:

В большинстве случаев стены являются основным элементом, обеспечивающим конструкционную прочность всего сооружения. На протяжении десятилетий эксплуатации они должны без проблем нести

нагрузку своего собственного веса, веса перекрытий и кровли, инженерных агрегатов и коммуникаций, а также всего интерьерного убранства помещений. На рынке строительных материалов блоки из пенополистиролбетона имеют достаточно низкую прочность. Увеличение прочности представляемых блоков ведет к увеличению плотности, а соответственно к увеличению массы, что скажется на технологии возведения, а также на сроках строительства. Полистиролбетон является биостойким материалом, не повреждается грызунами и устойчив к образованию грибковой плесени на его поверхности.

В ранее производимых исследованиях был разработан оптимальный состав смеси для изготовления стеновых блоков технологией самоуплотняющихся масс в замкнутых формах. В результате чего, был получен материал, соответствующий классу В7,5, при плотности, соответствующей марке D800.

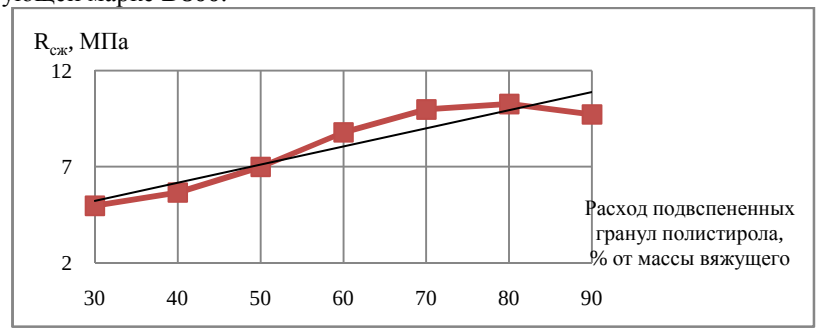


Рис. 1. Зависимость прочности получаемых образцов от расхода легкого заполнителя

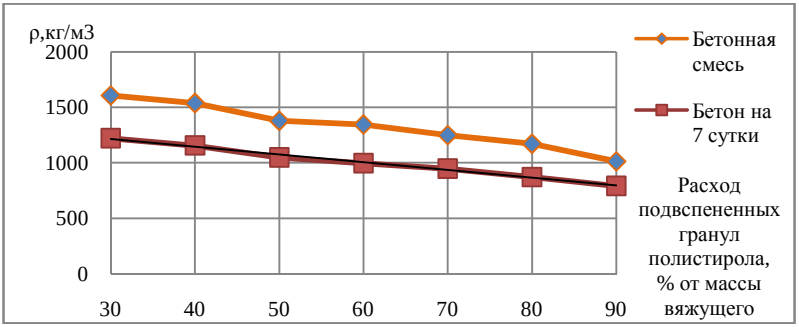


Рис. 2. Зависимость плотности получаемых образцов от расхода легкого заполнителя

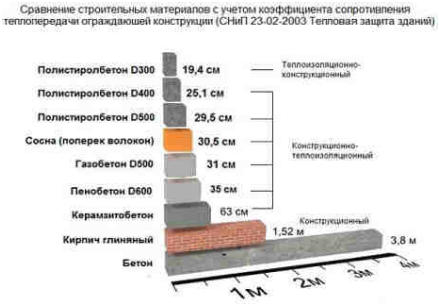


Рис. 3. Сравнение свойств теплового сопротивления строительных материалов

Помимо своих конструкционных функций, пенополистиролбетонные стеновые блоки, изготовленные технологией самоуплотняющихся масс, обладают отличными теплоизоляционными свойствами. При плотности полистиролбетона более 600 кг/м^3, его расчетные коэффициенты теплопроводности близки к коэффициентам теплопроводности пенобетона или керамзитобетона, тех же плотностей. Но в то же время он обладает паропроницаемостью, что и у тяжелого бетона. Низкая сорбционная влажность (4-6%) позволяет материалу сохранять свои теплотехнические свойства в процессе эксплуатации.

Сравнивая показатели морозостойкости неавтоклавного пенобетона и автоклавного газосиликата при показателях плотностей D500-600 и

полистиролбетона, однозначно можно сделать вывод, что у первых показатель едва доходит до 25 циклов замораживания и оттаивания, в то время как показатели полистиролбетона, выполняющего теплоизоляционные функции – F28, а конструкционно – изоляционные функции – F50.

Стоимость полистиролбетонных блоков, выполненных технологией самоуплотняющихся масс, с учетом стоимости материалов, необходимых для изготовления материала, с учетом стоимости замкнутых форм, а также с учетом затрат на электроэнергию, потребляемую при изготовлении материалов, ниже стоимости изготовления блоков автоклавной обработки.

Таблица 2. Технико-экономическое сравнение вариантов на монтаж 1 м^3 кладки

	Блок заводского изготовления	Расчетный состав
Стоимость 1м^3 кладки без учета НДС	**3 516,95**	**3 547,58**
Монтаж:		
Кладка стен	**2 892,30**	**2 959,79**
Установка армопояса	**296,21**	-
Итого: в т.ч. НР СП	**6 705,46** 873,94 538,05	**6 507,37** 855,21 527,81
Итого с НДС 18%	**$П_1$=7 912,44**	**$П_2$=7 678,70**
Трудоемкость на 1 м^3	**Q_1=4,66**	**Q_2=4,43**

$$Э = |П_1 - П_2|,$$

где Э –экономический эффект;

$П_1$, $П_2$ – стоимость монтажа 1м^3 с учетом стоимости блоков

$$Э = 7\,912{,}44 - 7\,678{,}70 = 233{,}74 \text{ руб.}$$

$$Эзтр = |Q_1 - Q_2| = ,$$

где Эзтр – экономия затрат труда;

Q_1, Q_2 – трудозатраты на 100 м^3 кладки

$$Эзтр = 466{,}00 - 443{,}00 = 23{,}00 \text{ чел.} - \text{ч.}$$

Иногда скорость возведения стен может оказаться наиважнейшим требованием всего строительного процесса. Несомненно, скорость постройки конструкций стен и перегородок возрастает в 10 раз. Причиной тому служит выпуск блоков различной геометрической формы и удобство при монтаже. С учетом того, что прочность блоков позволяет возво-

дить стены без применения монолитного армопояса, который является усилением под плиты перекрытия, скорость возведения коробки здания возрастает, а также упрощается технология возведения. Также относительно небольшой вес позволяет сократить расходы на дорогостоящую технику, а также облегчает процесс возведения конструкций в стесненных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51263-2012 Полистиролбетон. Технические условия.
2. *Баженов Ю.М.* Технология бетона: Учебник. М.: Изд-во АСВ, 2002. 500 с.
3. Технология конструкционных материалов : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В.А. Кузнецов, А.А. Черепахин, А.В. Шлыкова, Н.Ф. Шпунькин. М.: Изд-во АСВ, 1999. 355 с.
4. Применение пенополистиролбетона в строительстве [Электронный ресурс] Режим доступа: https://polimerinfo.com (Дата обращения: 15.02.18).

УДК 691.537: 692.535.6

ПРИМЕНЕНИЕ НАЛИВНЫХ ПОКРЫТИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ: ПОЛИУРЕТАНОВЫЕ КОМПОЗИЦИИ

Е.А. Щукарева, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается использование наливных покрытий в производственных зданиях, а также их основные показатели, связанные с улучшением механических и химических характеристик. Раскрывается преимущество применения полимерминеральных составов для промышленных предприятий.

Ключевые слова: *покрытие пола, наливное покрытие, полимерминеральные составы.*

APPLYING SELF-LEVELING COATING IN THE INDUSTRIAL BUILDINGS: POLYURETHANE COMPOSITIONS. MAIN CHARACTERISTICS AND TASKS

E.A. Shchukreva, V.B. Dobrohkotov

Scientific Supervisor – V.B. Dobrokhotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers the using self-leveling coating in the industrial buildings, as well as the main indexes related to improvement mechanical and chemical characteristics. The advantage of using polymermineral compositions for industrial enterprises.

Ключевые слова: *floor covering, self-leveling coating, polymermineral compositions*

Полы промышленных зданий применяются в различных отраслях производственной деятельности. Виды полов в зависимости от назначения подразделяются на: полы для терминалов, складов, материально-технических помещений и производственных площадок; полы для производственных площадок с повышенным уровнем влажности; полы для помещений с повышенной устойчивой нагрузкой; полы общественных

помещений (медицинские здания, детские учреждения, столовые и т.д.); полы для спортивных площадок и центров, и т.д. [1].

В настоящий момент бетонный пол может выступать одновременно и покрытием, если эксплуатационные требования не высоки. Однако при существенных воздействиях бетон используется только основания под более стойкое покрытие. При недостаточной стойкости к существенным химическим и механическим воздействиям необходимо использовать материалы на нецементных вяжущих.

Одним из решений данной проблемы является применение промышленных полимерных полов [2].

На протяжении последних трёх десятилетий при строительстве промышленных и гражданских объектов широко используются монолитные наливные покрытия полов на основе синтетических смол.

Разработаны десятки различных самовыравнивающихся композиций, на основе синтетических смол с полимерной или минеральной основой, различающихся как по химической природе, так и по назначению покрытия (эпоксидные, полиуретановые, полиэфирные и др.) [3].

Полиуретановые полы сегодня применяются двух видов:

- Однослойные, или тонкослойные. Они бывают толщиной не более 2 мм и предназначены для помещений с уровнем нагрузок до 0,5 т/м^2.

- Двухкомпонентные, или высоко наполненные, имеют толщину до 6 мм. Такое покрытие предназначено для интенсивных нагрузок q>0,5 т/м^2. Эти покрытия можно мыть любыми моющими средствами. Двухкомпонентные полиуретановые полы стойки к резким перепадам температур, срок службы не менее 10 лет.

Главными их достоинствами являются: водонепроницаемость, высокая эластичность; устойчивость к ударам и нагрузкам; бесшовность, высокая химическая стойкость к минеральным маслам и продуктам нефтехимии, близость температурного коэффициента к аналогичным показателям бетонного основания, стойкость к истиранию; стойкость к горению (по СП 4.13130.2013) [4] и т.д. Применение полиуретановых покрытий в промышленных зданиях позволяет переносить механические удары и вибрационные нагрузки.

Главные недостатки: резкий запах при производстве работ; повышенные требования к основанию; высокая себестоимость [5].

Одним из критериев эффективности покрытия пола является отношение его долговечности к суммарной стоимости.

Полимерные составы характеризуются достаточно высокой стоимостью, которая не всегда может быть уменьшена без ущерба для их качества. В связи с чем, повышение эффективности может быть, во-первых,

достигнуто за счет повышения долговечности таких покрытий; во-вторых, путём совершенствования технологии их устройства. Например, возможность нанесения полиуретанового состава на влажную поверхность не только способствует сокращению сроков производства работ, но и позволяет использовать его как способ ухода за бетоном в процессе набора им прочности.

Основным фактором, влияющим на долговечность монолитного полимерного покрытия, чаще всего является не истирание поверхности, а отслоение его от основания. Эффективное сцепление, в свою очередь, может быть обеспечено за счет оптимального соотношения свойств бетонного основания и покрытия, а также выбора оптимальной толщины покрытия.

Причинами, вызывающими отслоение покрытия при его эксплуатации, являются механические воздействия (например, при движении технологического транспорта), а также существенные касательные напряжения, возникающие на границе между покрытием и основанием из-за различия их коэффициентов температурного расширения или усадочные деформации покрытия.

Для совершенствования технологии мною были рассмотрены такие мероприятия, как повышение эффективности использования наливного покрытия за счет совмещения работ по укладке основания и нанесения покрытия, на примере полиуретановых наливных полов Монопур Индастри (MONOPUR INDUSTRY).Для выполнения данной задачи была разработана технология нанесения наливной полиуретановой композиции с различной толщиной покрытия на свежеуложенную бетонную смесь.

Экспериментально было установлено, что:

1. Адгезионная прочность при разной толщине полиуретанового покрытия из композиции Монопур Индастри (от 4 до 12 мм) мало зависит от цементно-песчаного состава основания (Ц:П в пределах от 1/2 до 1/3).

2. Установлено, что максимальное значение адгезионной прочности наблюдается при влажности основания от 3 до 5 масс.% и составляет от 3 до 4 МПа при использовании Ц:П соотношения 1/2-1/3. Однако влажность основания мало влияет на его адгезионную прочность.

3. При использовании в качестве основания мелкозернистого бетона с Ц:П =1/4 адгезионная прочность полиуретанового покрытия Монопур Индастри составляет от 0,6 до 0,8 МПа, что превышает минимальное требуемое значения для таких покрытий (0,4-0,5 МПа).

Таким образом, повышения эффективности можно добиться за счет сокращения сроков работ путем нанесения полиуретанового состава

непосредственно на влажную поверхность, а также подбора состава ЦП основания в зависимости от требований к условиям эксплуатации пола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 29.13330.2011 «Полы» Актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88. Министерство регионального развития РФ. М., 2011.
2. Промышленные полы: технология устройства бетонного и наливного пола на предприятиях [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pol-master.com/ustroistvo-rmnt/promyshlennye-poly.html (22.02.2018).
3. СП 4.13130.2013 "Свод правил Системы противопожарной защиты ограничение распространения пожара на объектах защиты требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям". Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.
4. Виды наливных полов: преимущества и недостатки покрытия [Электронный ресурс] Режим доступа:http://plita.guru/pol/osobennosti-obustroistva-nalivnyh-polov-v-kvartire.html (22.02.2018).
5. Наливные полиуретановые полы [Электронный ресурс]. Режим доступа:http://pol-master.com/pol-pokritiya/nalivnoi/nalivnye-poliuretanovye-poly.html (22.02.2018).

УДК 691.3

МОРОЗОСТОЙКОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННОГО БЕТОНА В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

О.А. Воронова, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведено исследование характеристик модифицированного бетона в лабораторных условиях. Определена возможность использования материала на практике. Рассмотрены актуальные направления для применения модифицированного бетона.

Ключевые слова: *морозостойкость, дилатометрический метод, тяжелый бетон, дебаркадер, причал.*

FROST RESISTANCE OF MODIFIED CONCRETE IN BUILDING CONSTRUCTIONS

O.A. Voronova, V.B. Dobrohotov

Scientific Supervisor – V.B. Dobrohotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The characteristics of modified concrete under laboratory conditions were studied. The possibility of using the material in practice has been determined. The actual directions for the use of modified concrete are considered.

Key words*: frost resistance, dilatometric method, heavy concrete, landing stage, berth.*

Одна из задач строительства на этапе проектирования - разработка технологий строительного производства с целью достижения максимального срока эксплуатации здания. Бетон - один из самых популярных материалов для строительства несущих конструкций. Его основные отличия - прочность, надежность и долговечность. Данные преимущества - следствия технических характеристик материала, одной из которых является морозостойкость.

Морозостойкость бетона обычно характеризуется его способностью способность терять не более 5% прочности при воздействии попеременного замораживания и оттаивания. Опасность низкой морозостойкости заключается в разрушении бетона под действием расширения замершей воды в порах. Когда влага через разрушенные поры достигнет арматурного каркаса, наблюдается коррозия железобетонной конструкции [1].

В настоящей работе нами использован дилатометрический метод ускоренного определения морозостойкости [2].

Испытания проводятся следующим образом. Перед испытаниями создается зависимость изменений выявленных объемных деформаций стандартного образца. В качестве стандартного образца применяют алюминиевый кубик с габаритами 100x100x100мм. Образцы бетона в водонасыщенном состоянии помещают в измерительную камеру, а затем, в морозильную. Объемные изменения бетонного образца фиксируются и отражаются в блоке цифровой информации. На основании разности объемных деформаций производится сравнение полученных данных со стандартными характеристиками. Это позволяет в лабораторных условиях определить с помощью расчетов относительную разность деформаций с последующим прогнозированием морозостойкости.

Для проведения испытаний морозостойкости бетона были изготовлены экспериментальные образцы с различным водоцементным отношением и добавками, в качестве которых выступали редиспергируемый полимерный порошок и пластифицирующая добавка Reobuild 181 A (BASF).

Введение редиспергируемого полимерного порошка в бетонную смесь улучшило показатели морозостойкости бетона. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что оптимальный расход редиспергируемого полимерного порошка составляет 7,5–10% от массы цемента. Морозостойкость бетона может быть увеличена с класса F100 до F300. При этом введение редиспергируемого полимерного порошка может привести к снижению прочности материала. Однако коррекция водоцементного отношения в комплексе с применением эффективного пластификатора Reobuild 181 A позволяет обеспечить требуемые прочностные показатели.

Использование бетона с улучшенной способностью сопротивляться воздействию замораживания и оттаивания особенно актуально для конструкций, подвергающихся постоянному или периодическому, но частому увлажнению. Примером могут являться гидротехнические сооружения, в частности опоры мостов и другие их части, соприкасающиеся с водой. Среди наземных сооружений самым распространенным примером таких конструкций является подпорная стенка.

Отдельного внимания заслуживает строительство причалов и дебаркадеров. Дебаркадер представляет собой причальное сооружение, состоящее из железобетонной основы, опирающейся на железобетонные или металлические сваи. На данной платформе могут располагаться здание вокзала, склада или иные важные объекты.

Несмотря на простоту конструкции основы дебаркадера, проведение строительных работ на нем отличается особой сложностью. Причина заключается не только в необходимости работать в водном пространстве, но и в весьма стесненных условиях. Для установки железобетонной сваи необходимо осушить место возведения конструкции и только потом приступать непосредственно к строительным работам.

Воздействие воды на железобетон приводит к снижению срока эксплуатации здания и необходимости частого проведения текущего и капитального ремонтов. Для выполнения работ потребуются те же мероприятия, что и при строительстве, то есть осушение строительной (ремонтной) площадки. Это ведет к существенному удорожанию ремонта, и следовательно эксплуатации объекта в целом. Именно поэтому применение бетона с улучшенными характеристиками морозостойкости является наиболее оптимальным решением для строительства объектов, подвергающихся постоянному увлажнению в наших климатических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2002. 500 с.
2. ГОСТ 10060.3-95*. Бетоны. Дилатометрический метод ускоренного определения морозостойкости. М.: Изд-во стандартов, 1995.

УДК 691.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ БАШЕННЫХ ГРАДИРЕН ИЗ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКОЙ НА ОСНОВЕ РЕДИСПЕРГИРУЕМОГО ПОЛИМЕРНОГО ПОРОШКА

Н.А. Щерба, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Исследуется проблема обеспечения долговечности башенных градирен без необходимости планового ремонта. Проанализировано применение тяжелого бетона с комплексной добавкой на основе редиспергируемого полимерного порошка.

Ключевые слова: *долговечность, тяжелый бетон, башенные градирни*

INVESTIGATION OF DURABILITY OF STRUCTURES COOLING TOWERS HEAVY CONCRETE WITH A COMPLEX ADDITIVE BASED ON REDISPERSIBLE POLYMER POWDER

N.A. Shcherba, V.B. Dobrohotov

Scientific Supervisor – V.B. Dobrohotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Исследуется проблема обеспечения долговечности башенных градирен без необходимости планового ремонта. Проанализировано применение тяжелого бетона с комплексной добавкой на основе редиспергируемого полимерного порошка.

Ключевые слова: *долговечность, тяжелый бетон, башенные градирни*

Долговечность ограждающих конструкций определяется сроком их службы без потери требуемых эксплуатационных качеств в данных климатических условиях при заданном режиме эксплуатации. Одной из основных проблем, приводящих к необходимости ремонта градирен, яв-

ляется разрушение бетона чаши и каркаса из-за действия знакопеременных температур. При появлении трещин, сколов и отслаиваний бетона, его несущая способность уменьшается, а эксплуатация железобетонных элементов каркаса градирни становится опасной, у железобетонных чаш появляются течи. Вода постоянно уходит из цикла и требуется ее восполнение, что ведет к значительным денежным потерям.

Долговечность строительных конструкций градирни должна соответствовать сроку службы объекта строительства с учетом мониторинга и планово-предупредительных ремонтов или другому сроку, установленного в объектных исходных технических требованиях и в техническом задании Заказчика проекта градирни.

Защита железобетонных конструкций от коррозии должна обеспечиваться в первую очередь применением бетона, стойкого к агрессивным воздействиям, в первую очередь за счет рационального выбора исходных материалов, тщательного подбора состава бетонной смеси и соблюдения всех требований технологии производства бетонных работ. При недостаточности первичной защиты для обеспечения долговечности конструкций применяются меры вторичной защиты - покрытия, соответствующие условиям эксплуатации конструкций.

Однако применение мер вторичной защиты однозначно приводит к увеличению как капитальных затрат при возведении объекта, так и эксплуатационных расходов. Применение конструкционного бетона с комплексной добавкой на основе редиспергируемого полимерного порошка может позволить сократить использование дополнительных покрытий, и повысить эффективность за счет увеличения долговечности конструкций.

Предлагается использование бетонной смеси следующего состава: Ц:П:Щ=1:2,16:5,71. В качестве наполнителя нами использован редиспергируемый полимерный порошок (РПП) на основе ПВХ С-70 и ПАВ марки К-76, а также пластифицирующая добавка Rheobuild 181 A производства фирмы BASF. Для обеспечения равной подвижности смеси при использовании разных добавок В/Ц в бетонной смеси варьировали от 0,50 до 0,75. Пластифицирующая добавка должна повысить подвижность смеси, а полимерный порошок может увеличить морозостойкость. Однако РПП может одновременно снижать прочность бетона. Для предупреждения этого нежелательного эффекта бетонная смесь дополнительно модифицируется суперпластификатором. Применение большого комплекса добавок различной природы представляет дополнительную сложность, как с точки зрения получения заданных технологических характеристик бетонной смеси, так и эксплуатационных свойств бетона. Целью настоящей работы являлась необходимость установления взаимного влияния добавок пластификатора Rheobuild 181 A и РПП. Экспериментально установлено, что пластификатор и РПП не взаимодействуют между собой, а

их комплексное использование в бетонной смеси позволяет оптимизировать ее характеристики. Независимость действия предложенных модификаторов, вероятно, связана с тем, что большая доля компонентов добавки Rheobuild абсорбируется на гидрофильных частицах песка и цемента, а действие полимерного порошка в бетонной смеси не связано с абсорбцией. ПАВ, которое используется для обработки поверхности полимерного порошка, повышает его смачиваемость и не оказывает влияния на частицы вяжущего и заполнителя. Таким образом, введение редиспергируемого полимерного порошка и пластифицирующей добавки Rheobuild 181 A позволяет получить бетон прочностью не менее 25 МПа и морозостойкостью более F300.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2012. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/8) (ред. от 30.12.2015).

2. СП 28.13330.2017 "Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85"(утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 27 февраля 2017 г. N 127/пр).

УДК 699.82

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРОИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ЭЛАСТОМЕРА «ISOFLEX» ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ С ВЛАЖНЫМ РЕЖИМОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

К.В. Суворова, Д.М. Рыжковская, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель - В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается эластомер «ISOFLEX» как пароизоляционный материал. Основанием для выполнения изоляционных работ служат поверхности конструкций стен (из каменной кладки или монолитных), а также железобетонные плиты покрытий и перекрытий. Исследуются сопротивление паропроницанию и адгезионные характеристики эластомера «ISOFLEX».

Ключевые слова: *пароизоляция, мастичные составы, паропроницаемость, влажность, водяные пары, ISOFLEX, сопротивление паропроницанию, адгезионная прочность.*

RESEARCH OF VAPOR BARRIER BASED ON ELASTOMER «ISOFLEX» FOR THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS WITH HUMID OPERATING MODE

K.V. Suvorova, D.M. Ryzhkovskaya, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor - V.B. Dobrokhotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines elastomer «ISOFLEX» as a vapor barrier material. Wall surface (masonry or monolith), also, concrete slabs and floor coverings serve as the basis for doing insulation work. Resistance to water vapor transmission and adhesion characteristics of «ISOFLEX» are being examined.

Keywords: *vapor barrier, mastic compositions, water vapor permeability, humidity, water steams, ISOFLEX, water vapor resistance, adhesive strength.*

Наиболее актуальной и трудоемкой задачей, решаемой на данный момент в технологии строительного производства, является гидроизоляция и пароизоляция зданий и сооружений, что означает предотвращение замачивания конструкций в процессе их эксплуатации, и следовательно увеличение сроков службы любого здания и сооружения.

Выполнение пароизоляционных работ с помощью мастичных составов более трудоемкий процесс, нежели чем применение рулонных материалов. Относительно невысокая скорость произведения работ, дорогостоящий материал, трудоемкость процесса нанесения – вот те факторы, которые препятствуют выбору заказчика в пользу мастичных составов. И это несомненно является проблемой рынка мастичных материалов.

Также важным параметром при устройстве мастичной изоляции является ее эффективность и надежность в зданиях с влажным и мокрым режимом эксплуатации, такие как бассейны, банные комплексы, прачечные и др. Мокрым режимом эксплуатации здания принято считать: здания, относительная влажность в которых превышает 75% при температуре воздуха 12-24 ^{o}C и 60% при температуре воздуха свыше 24 ^{o}C.

Стоит отметить, что при всех, казалось бы, значительных недостатках мастичных составов, у них есть масса достоинств. Во-первых, это самотвердеющие композиции. Во-вторых, мастики могут обеспечить сплошность нанесения, без разрывов, в местах примыканий конструкций и сложнопрофилированных поверхностях, а также легкость нанесения на вертикальные поверхности конструкций. В-третьих, процесс нанесения мастики легче механизировать. Стоимость мастик зависит в основном от ее состава, поэтому существует достаточно широкий ценовой диапазон для таких материалов.

Встает вопрос о необходимости совершенствования и оптимизации процесса устройства пароизоляционной защиты зданий и сооружений. В качестве исследуемого материала мы предлагаем использовать мастику «ISOFLEX».

Производитель позиционирует «ISOFLEX» как холодную мастику, жидкий эластомер без растворителей, акриловый, на водной основе. Нанесенный на поверхность, он образует на ней гидроизоляционную мембрану. Данный материал сравнительно недорогой, отвечает всем требованиям по охране труда и технике безопасности, так как не содержит органических растворителей. Так как состав акриловый, известно, что он обладает высокими адгезионными и прочностными характеристиками. Все вышеперечисленные характеристики дают основание использовать его в качестве пароизоляционного материала.

В данной работе мы предполагаем использовать мастику «ISOFLEX» для создания отделки с определёнными пароизоляционными свойствами. В связи с этим для обеспечения надежной эксплуатации мас-

тики в качестве пароизоляции было исследовано сопротивление паропроницанию с предварительным грунтованием основания и без, а также изучена стабильность адгезионных характеристик к основаниям различного состава, это основания с Ц:П=1:1 и Ц:П=1:5.

На основании проведенных исследований нами были получены следующие результаты:

1) Сопротивление паропроницанию образца без грунтования с расходом мастики 1200 г/м² в 1,5-2 раза больше, чем образца без слоя пароизоляции.

2) Сопротивление паропроницанию образца с предварительным грунтованием «ISO-PRIMER» в 1,1 раза больше, чем аналогичного образца без грунтования.

3) Таким образом, при данных условиях грунтовка «ISO-PRIMER» не дает существенного вклада в увеличение сопротивления паропроницанию.

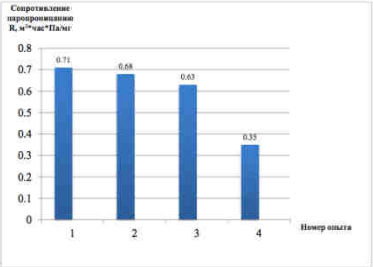


Рис. 1. Зависимость сопротивления паропроницанию от состояния поверхности основания (для состава основания Ц:П=1:5)

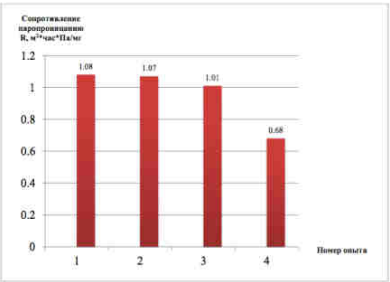


Рис. 2. Зависимость сопротивления паропроницанию от состояния поверхности основания (для состава основания Ц:П=1:1):

1 – основание покрыто грунтовкой «ISO-PRIMER», нанесена мастика «ISOFLEX», выполнен отделочный слой (Ц:П=1:3);

2 – основание прогрунтовано и покрыто мастикой;

3 – основание покрыто только мастикой;

4 – цементно-песчаное основание без пароизоляционного слоя.

4) Адгезионная прочность уменьшается при увеличении влажности основания. Оптимальная влажность основания с отношением Ц:П=1:1 составляет 4-5 массовых %, для основания с отношением Ц:П=1:5 - 2-3 массовых % при нормальных условиях.

5) Минимальный технологический перерыв между нанесением пароизоляционного состава и последующего отделочного слоя составляет 2-3 часа при нормальных условиях, при этом достаточно высокие значения адгезионной прочности сохраняются до 24 часов.

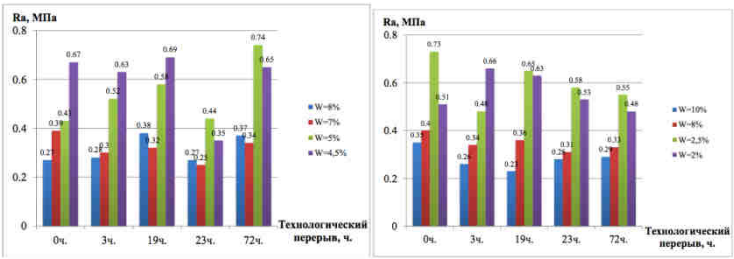


Рис. 3. Зависимость адгезионной прочности на сдвиг от влажности основания и технологического перерыва между нанесением пароизоляционного состава и последующего отделочного слоя для состава основания Ц:П=1:1 (рис. слева) и для состава основания Ц:П=1:5 (рис. справа)

Таким образом, использование мастики «ISOFLEX» является достаточно эффективным не только для гидроизоляционных целей, но и для создания пароизоляционных слоев в ограждающих конструкциях зданий и сооружений с мокрым и влажным режимами эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 28575-90. Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Испытание паропроницаемости защитных покрытий.

2. СП 71.13330.2017. Изоляционные и отделочные покрытия. Введ. 28.08.2017. ФГУП ЦПП, 2006. 54 с.

3. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий / Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2012. 95 с.

УДК 691-419.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВАРЬИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ КОМБИНИРОВАННОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ИЗДЕЛИЯ

Е.А. Мельчакова, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель - В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Произведена оценка возможности варьирования специальных свойств комбинированного теплоизоляционного изделия путём изменения его физических характеристик.

Ключевые слова: *комбинированное теплоизоляционное изделие, коэффициент теплопроводности, пропроницаемость, теплотехнический расчёт, механические характеристики.*

STUDY ON THE POSSIBILITY OF VARIATION IN THE SPECIAL PROPERTIES OF COMBINED SHIELDING PRODUCTS

E.A. Melchakova, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor –V.B. Dobrokhotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The estimation of possibility of variation of special properties of the combined heat-insulating product by change of its physical characteristics is made.

Keywords: *combined thermal insulation product, thermal conductivity, water vapor permeability, thermal design, mechanical properties.*

На данный момент методика расчёта теплоизоляции зданий и сооружений в основном заключается в подборе необходимой толщины теплоизоляционного материала выполняемой на основе теплотехнического расчета. Такой подход существенно ограничен, поскольку учитывает возможность применения только уже существующих теплоизоляционных

материалов, и кроме того не принимает во внимание существенное изменения всего комплекса характеристик разрабатываемой конструкции , включая механические и гидрофизические ее показатели свойства. Необходим новый подход к расчету и моделированию теплоизоляции зданий и сооружений.

Наша работа заключается в создании методики определения и моделирования специальных свойств (коэффициент теплопроводности и коэффициент паропроницаемости) теплоизоляционного материала в зависимости от требуемых характеристик ограждающей конструкции.

Коэффициент теплопроводности определяется как количество теплоты, которое проходит за 1 час через материал, имеющий толщину 1 метр и площадь 1 квадратный метр при разнице температур на входе и выходе в 1 градус по Цельсию.

Значение коэффициента паропроницаемости строительного материала является относительным значением сопротивления материала пароперенесу по сравнению с соответствующими свойствами воздуха.

Моделирование производится на основании комбинированного теплоизоляционного изделия для наружных ограждающих конструкций на основе решётчатых конструкции и прослоек из нетканого материала. Полимерные решётки обеспечивают жесткость конструкции. Нетканый материала обладает высокой паропроницаемостью и предотвращает конвекцию воздуха внутри изделия.

Комбинированное теплоизоляционное изделие позволяет производить подбор требуемых теплотехнических характеристик для утепления ограждающей конструкции, путём варьирования физических характеристик.

В ходе исследования были определены физические характеристики комбинированного теплоизоляционного изделия, влияющие на коэффициент теплопроводности и паропроницаемости изделия, а именно: плотность прослоек из нетканого материала, жёсткость, конфигурация решётчатых конструкций (размеры ячеек, толщина нитей), количество слоев, суммарная толщина изделия, тип соединения.

Методика теплотехнического расчета заключается в определении экономически целесообразного сопротивления теплопередаче наружной ограждающей конструкции. При этом расчетное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче[1].

По результатам теплотехнических расчётов с варьированием коэффициента теплопроводности при сохранении прочих параметров можно сделать вывод, что зона конденсации во внешнем слое отсутствует при коэффициенте теплопроводности менее 0,05 Вт/м·град, что сопоставимо с коэффициентом теплопроводности аналогов.

Измерения коэффициента теплопроводности образцов производились с применением электронного измерителя теплопроводности ИТП-МГ4 методом стационарного теплового потока. Сущность метода стационарного теплового потока заключается в создании теплового потока, направленного перпендикулярно к наибольшим граням плоского образца определѐнной толщины, измерении плотности стационарного теплового потока и температур на противоположных гранях образца.

По результатам измерений было выявлена закономерность снижения коэффициента теплопроводности на 15-20% с увеличением толщины воздушного промежутка на 1 мм в горизонтальном и вертикальном положении образца.

Результаты испытания образцов с неткаными материалами различной толщины от 0,4-0,8 мм показали снижение теплопроводности образца. С ростом толщины нетканого материала наблюдалось незначительное уменьшение коэффициента теплопроводности. Результаты измерений показали, что с увеличением плотности нетканого материала в среднем на 20 г/м^{2}коэффициент теплопроводности уменьшается на 10%, при этом нетканый материал выполняет функцию мембраны, препятствующей движению воздуха внутри воздушных промежутков.

Клеевое соединение решёток и прослоек из нетканого материала не приводит к снижению теплопроводности материала.

Измерение паропроницаемости производилось методом «мокрой чаши» в соответствии с ГОСТ 25898-2012. По результатам испытаний паропроницаемость нетканых материалов из лавсанового волокна нелинейно возрастает с увеличением их плотности с 40 до 100 г/м^2, а наличие полимерной решётки практически не оказывает влияния на значение паропроницаемости изделия.

Таким образом, комбинирование сеток различной конфигурации и толщины, а также прослоек из нетканого материала может позволить получить теплоизоляционный материал с требуемыми для конкретной ограждающей конструкции коэффициентом теплопроводности и сопротивлением паропроницанию. Существенным плюсом такого изделия может быть его жесткость при малой плотности (не более 100 кг/м^3), что обеспечит дополнительное удобство при монтаже, а следовательно, и долговечность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Еремкин А.И.* Тепловой режим зданий / А.И. Еремкин, Т.И. .Королева. М.: Издательство АСВ, 2000. 368 с .

УДК 691.421

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

А.Т. Броян, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены методы контроля и измерения морозостойкости силикатного кирпича. Исследована возможность применения дилатометрического метода для измерения морозостойкости.

Ключевые слова: *силикатный кирпич, морозостойкость.*

EVALUATION OF DURABILITY OF DESIGNS FROM A SILICATE BRICK

A.T. Broyan, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor – V.B. Dobrokhotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines methods of control and determination of frost resistance of silicatebricks. Investigated possibility of using dilatometry method for determining of frost resistance.

Keywords: *silicate brick, frost resistance.*

Для строительных конструкций, работающих на открытом воздухе, характерно замачивание водой совместно с последующим замораживанием и оттаиванием. Результатом являются поверхностные и структурные повреждения материалов конструкций, сопровождаемые снижением целостности, несущей способности и непроницаемости. Возникает необходимость усиления или замены поврежденных конструкций. Широко распространенным материалом для несущих и ограждающих конструкций является силикатный кирпич.

Силикатный кирпич – при равных с керамическим марках – существенно сильнее подвержен разрушению под действием влаги, поэтому из него не возводят фундаменты и цоколя зданий. Непригоден такой кирпич и для стен зданий с мокрым режимом эксплуатации. В то же время ограждающие конструкции из силикатного кирпича и камней эффективно используются для зданий с сухими и нормальными эксплуатационными условиями. Долговечность кирпича, как керамического, так и силикатного может быть охарактеризована морозостойкостью.

Согласно нормативным документам, кирпич и камень должны выдерживать без каких-либо видимых признаков повреждений или разрушений - растрескивания, шелушения, выкрашивания, отколов - не менее 25; 35; 50; 75; 100; 200 или 300 циклов попеременного замораживания и оттаивания [1]. Минимальные требования связаны с условиями работы конструкции и предполагаемым сроком их службы. Контроль морозостойкости методом объемного замораживания предполагает оценку проектных показателей морозостойкости. При этом производится последовательное замораживание и оттаивание насыщенных водой образцов кирпича с контролем потери массы и потери прочности при достижении заданного числа циклов. Проведение промежуточных измерений не предполагается [2]. То есть в данном случае речь идет об оценке соответствия оцениваемого материала лишь минимальным допустимым требованиям. Фактическое значение морозостойкости материала не определяется. Дальнейшее поведение материала после достижения критических значений его характеристик не фиксируется. Решением данной проблемы может являться определение зависимости между свойствами материала и числом циклов замораживания-оттаивания. При методе объемного замораживания данное решение потребует увеличения числа образцов для получения достаточной точности при промежуточных испытаниях. Использование разрушающих методов предполагает испытание большого числа разнородных образцов для построения полноценной зависимости. Это приводит к снижению фактической точности измерений. Напротив, при применении неразрушающих методов испытанию подвергается меньшая партия образцов. Зависимость свойств от числа циклов замораживания-оттаивания определяется для каждого из образцов, что повышает фактическую точность.

Целью данного исследования является определение возможности применения дилатометрического метода в качестве неразрушающего для измерения морозостойкости силикатного кирпича.

В качестве материала для исследования был выбран кирпич силикатный модульный, марки по прочности М150, средней плотности 1800 кг/м^3.

Измерение морозостойкости силикатного кирпича проводим дила-

тометрическим методом с определением аномальных деформаций возникающих при замораживании через каждые 5 циклов замораживания-оттаивания в обычной морозильной камере при температурах от -20 °С до +20 °С. Дилатометрический метод основан на тарировочной зависимости показателя морозостойкости, определяемого количеством циклов замораживания-оттаивания, от объемных температурных деформаций материала.

Испытания производятся в дилатометре ДОД-100К/3.

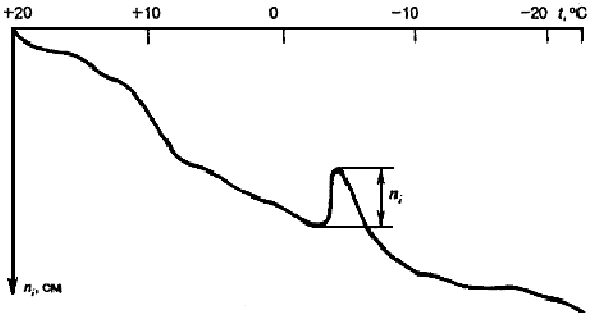


Рис. 1. Аномальный скачок объемных температурных деформаций материала при проведении испытаний в дилатометре

Главным отличием силикатных изделий от керамических является возможность повреждения их структуры в процессе оттаивания. Можно предположить, что количество циклов замораживания и оттаивания до достижения критических показателей прочности или деформативности будет зависеть от продолжительности оттаивания изделий при каждом цикле испытаний. Ранее нами установлено, что для керамических изделий данный показатель не оказывает никакого влияния. В связи с вышеизложенным целью настоящей работы является установление рационального режима испытаний, который бы позволил применить методику ускоренного дилатометрического определения морозостойкости к силикатным изделиям.

По полученным в настоящее время зависимостям можно сделать вывод, что объемные деформации и прочность изменяются при циклично замораживании-оттаивании образцов, как для керамических, так и для силикатных изделий. Критическое падение прочности произошло на 25 цикле, и одновременно наблюдался существенный прирост относительных объемных деформаций. Следовательно, по объемным деформациям можно определить критическое число циклов замораживания-оттаивания для каждого образца с высокой точностью. При этом сущест-

венного различия в поведении керамических и силикатных изделий в процессе испытаний не прослеживается. Вероятно, это связано с тем, что в проводимых нами испытаниях продолжительность оттаивания образцов в каждом не превышала 3 часов, и, следовательно, это не могло существенно сказаться на структуре исследуемых материалов. В то же время вопрос о применимости предлагаемой методики испытаний для силикатного кирпича требует большего объема исследований, с возможностью статистической обработки результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 379-2015 Кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные силикатные.
2. ГОСТ 7025-91 Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости.НИИ строительной физики Госстроя СССР.М.: «Стандартинформ», 2006.
3. ГОСТ 8462-85 Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.Минпромстройматериалов СССР; ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. М.: «Стандартинформ», 2001.

УДК 693.54

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ПЕРЕРАБОТАННОГО ГАЛЬВАНОШЛАМА НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА

А.С. Власов, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются испытания асфальтобетона с добавлением гальваношлама в зависимости от температуры обработки компонентов смеси.
Ключевые слова: *гальваношлам, технология производства, обработка*

STUDY OF THE INFLUENCE OF ADMIXTURES ON THE PROPERTIES OF GALVANOSHLAMA RECYCLED ASPHALTIC CONCRETE

A.S. Vlasov, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor - V.B. Dobrohotov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The tests of asphalt concrete with the addition of galvanic slime are considered. Depending on the temperature of the processing of the components of the mixture.
Keywords: *galvanic ash, manufacturing technology, processing.*

Дорожное строительство – развивающаяся отрасль промышленности. Например, за год в среднем в России ежегодно вводится в эксплуатацию около 2100 км новых дорог. Существенны и объемы ремонта дорожных покрытий. Минеральный порошок один из самых важнейших компонентов в асфальтобетоне. Наиболее распространенный минеральный порошок это доломитовая мука, получаемая при помоле карбонатных горных пород. Минеральный порошок повышает вязкость и клеящую способность битума, придает асфальтобетону повышенную прочность и устойчивость к деформациям.

Проблема долговечности дорог с асфальтобетонным (асфальтовым) покрытием весьма актуальна. Срок службы дороги в России составляет от 1-2 лет, а затем появляются множественные дефекты в виде ям, трещин и т.д. Для примера: срок службы дороги в Европе 15-20 лет. Асфальтобетон применяют также в качестве кровельного, гидро- и электроизоляционного материала.

Ранее было установлено, что термообработанный гальваношлам положительно влияет на свойства мелкозернистых асфальтобетонов. При применении гальваношлама в качестве минерального порошка повышается прочность асфальтобетонов, также увеличивается коэффициент водостойкости, снижается водонасыщение. Также было установлено, что плотность асфальтобетонов при этом не меняется, а значит, положительный эффект достигается в основном за счет более прочных химический связей в структуре материала. Повышение прочности происходит в среднем на 15 %, а коэффициент водостойкости возрастает от 0,76 (при стандартной технологии приготовления образцов) до 1 (при применении гальваношлама в виде суспензии). Снижение водонасыщения при применении суспензии гальваношлама составляет почти 2 раза.

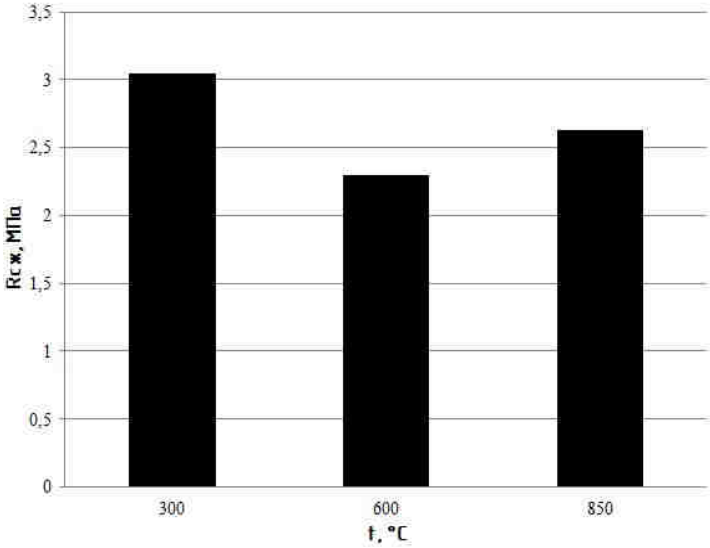


Рис. 1. Зависимость предела прочности на сжатие от температуры прокаливания

Прочность асфальтобетона с применением в качестве минерального порошка гальваношлама существенно зависит от температуры обработки заполнителя. Максимальное значение прочности достигается при

предварительном прокаливании гальваношлама с песком при температуре 300 °С (рис. 1). Сравнивая образцы асфальтобетона по коэффициенту водонасыщения, также можно сделать вывод, что довольно высокие показатели достигаются именно при температуре прокаливания от 300 до 600 °С.

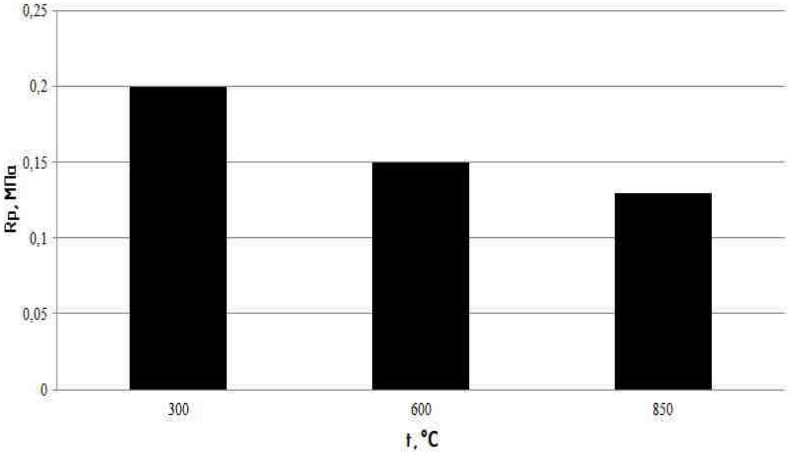


Рис. 2. Зависимость предела прочности на растяжение при раскалывании от температуры прокаливания гальваношлама

Таким образом, результаты испытаний показывают, что асфальтобетон с применением гальваношлама получается не только более прочным, но и обладает большей водостойкостью. Кроме того применение гальваношлама, как промотора адгезии позволяет одновременно решать несколько задач:

- утилизация промышленного отхода - гальваношлама;
- повышение прочности и водостойкости асфальтобетона;
- улучшение долговечности асфальтобетонных дорожных покрытий.

Дополнительные испытания показали, что при введении гальваношлама в асфальтобетонную смесь не наблюдается вымывание вредных компонентов из дорожного покрытия, и, следовательно, получаемый продукт является экологически безопасным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний. ГОСТ 12801-84.

УДК 693.54

ИСПЫТАНИЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА С ДОБАВЛЕНИЕМ ГАЛЬВАНОШЛАМА

А.С. Власов, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – В.Б. Доброхотов, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается технология производства асфальтобетона с добавлением гальваношлама и его испытание на морозостойкость.

Ключевые слова: *гальваношлам, технология производства, испытания на морозостойкостью.*

FROST RESISTANCE TEST OF ASPHALT CONCRETE WITH ADDITION OF GALVANOSCOPE

A.S. Vlasov, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor - V.B. Dobrohotov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The technology of asphalt concrete production with the addition of galvanic sludge is considered. And its frost resistance test

Keywords: *galvanic ash, production technology, frost resistance tests*

Для снижения стоимости асфальтобетона, наиболее перспективным направлением является снижение стоимости его компонентов. Наиболее дорогим из них является минеральный порошок (обычно это доломитовая мука). Применение в качестве мелкодисперсного компонента переработанного промышленного отхода – гальваношлама позволяет не только существенно снизить стоимость асфальтобетона, но и решить проблему утилизации гальваношлама, а также повысить качественные характеристики асфальтобетона.

Важной эксплуатационной характеристикой асфальтобетона является его морозостойкость.

Для определения морозостойкости образцы сформованного асфальтобетона диаметром 50 мм подвергают водонасыщению, а затем помещают в морозильную камеру при температуре 18 ^{o}C (продолжитель-

ность замораживания 1 час). По истечении 1 часа образцы асфальтобетона помещаются в емкость заполненную водой при температуре 20 °С, для оттаивания (продолжительность оттаивания также составляет 1 час).

Вышеописанная методика была составлена с учетом технологии испытаний образцов асфальтобетона на морозостойкость, указанной в СП 28.13330.2012. Испытания образцов мелкозернистого бетона неразрушающим методом производились ультразвуковым прибором УК-14 ПМ. Измерение времени распространения ультразвукового сигнала в образцах асфальтобетона при сквозном прозвучивании производилось по следующей схеме:

1. Производим установку излучающего и приемного пьезоэлектрического преобразователя соосно на образце асфальтобетона.
2. При наличии устойчивых показаний фиксируем результаты по цифровому индикатору ультразвукового прибора в мкс.

Для исследования были изготовлены образцы мелкозернистого асфальтобетона с добавлением гальваношлама ЯЗДА. Температурная обработка мелкого заполнителя производилась при 600 °С, при ее продолжительности от 1 до 4 часов..

Состав мелкозернистого асфальтобетона: мелкий заполнитель (песок) – 76 %, минеральный заполнитель (доломитовая мука) – 16 %, битум марки БНД 60/90 – 7 %, гальваношлам ЯЗДА – 1% от общей массы сухого вещества.

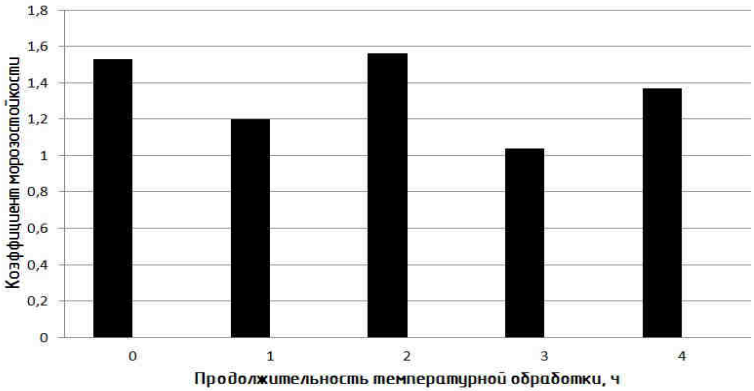


Рис. 1. Зависимость коэффициента морозостойкости от продолжительности температурной обработки мелкого заполнителя совместно с гальваношламом при испытании асфальтобетона на морозостойкость в течение 50 циклов замораживания и оттаивания

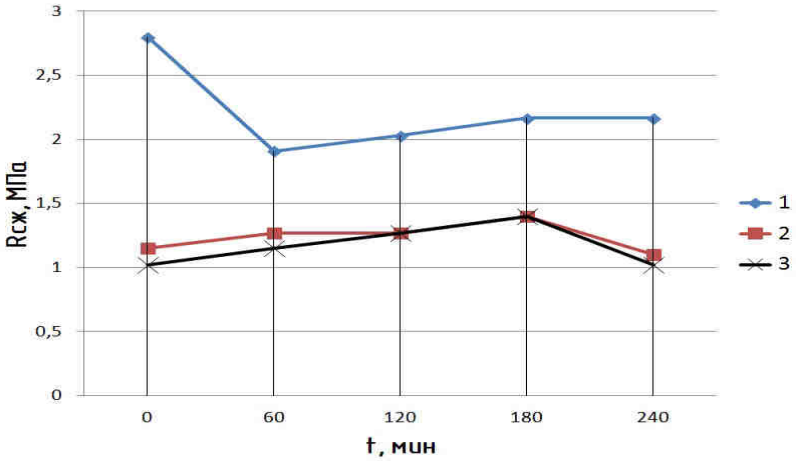


Рис. 2. Зависимость предела прочности на сжатие от продолжительности температурной обработки мелкого заполнителя: 1 – после 25-го цикла, замороженные; 2 – после 40-го цикла, оттаявшие; 3 – после 50-го цикла, оттаявшие

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы.

Скорость прохождения ультразвукового сигнала через образцы асфальтобетона остается практически неизменной на протяжении 50 циклов замораживания и оттаивания. Это говорит о том, что асфальтобетон имеет значительный ресурс по морозостойкости.

Наиболее высокий коэффициент морозостойкости (рис. 1) наблюдается у образцов асфальтобетона, изготовленных без температурной обработки, а также обработанных при 600 ^{o}C в течение 2 часов. У всех испытанных образцов коэффициент морозостойкости $\geq$1.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили достаточную морозостойкость асфальтобетона при введении в его состав переработанного гальваношлама.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12801-84 Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний.
2. СП 28.13330.2017 "Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85" (утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 27 февраля 2017 г. N 127/пр).

СЕКЦИЯ «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ»

УДК 005.6:621.311

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

А.А. Абрамов, А.С. Волков, С.А. Царева

Научный руководитель – В.А. Голкина, канд. техн. наук

Ярославский государственный технический университет

В статье освещены проблемы энергосбережения и энергетической эффективности в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Дана характеристика новых тенденций в законодательно-нормативных документах в области энергосбережения.

Ключевые слова: *Энергосбережение, энергетическая эффективность, жилищно-коммунальное хозяйство, энергетическое обеспечение.*

ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCYIN THE MANAGEMENT SYSTEM OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

A.A. Abramov, A.S. Volkov, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – V.A. Golkina, Candidate of Technical Sciences

Yaroslavl State Technical University

The problems of energy saving and energy efficiency in the sphere of housing and communal services are considered in article. The characteristic of new tendencies in legislative and normative documents in the field of energy saving is given.

Keywords: *Energy saving, energy efficiency, housing and communal services, energy supply, energy resources.*

В настоящее время одной из важнейших задач в экономике развитых стран является энергосбережение, направленное на сохранение применяемых ресурсов. Наиболее остро встает проблема бытового энерго-

сбережения, а также энергосбережения в сфере жилищно-коммунального хозяйства (далее – ЖКХ).

Объектами исследования выступают системы энергетического менеджмента на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства Ярославской области.

Цель исследования – определение правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

В развитие нормативной базы по вопросам энергосбережения в 2010 году Правительством РФ была утверждена государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 г.», которой предусматривается снижение энергоемкости ВВП России к 2020 году по сравнению с 2007 годом не менее чем на 40%, достижение суммарной экономии электроэнергии за этот период на уровне 630 млрд. кВт·ч.

Основным законом, регулирующим отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, является Федеральный Закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Данный Федеральный закон устанавливает следующие требования:

- запрет на энерго-неэффективные товары;
- ограничение оборота ламп накаливания;
- осуществление маркировки товаров по классам энергетической эффективности;
- осуществление расчетов за коммунальные услуги по приборам учета;
- установление классов энергетической эффективности в отношении новых зданий, сооружений;
- проведение обязательного энергетического обследования объектов;
- разработки и реализации программ по энергосбережению;
- заключение энерго-сервисных договоров;
- применение различных форм государственной поддержки в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [1].

До 70% потенциала энергосбережения страны приходится на ЖКХ. Эта отрасль является одной из главных для обеспечения социального комфорта и обеспечения базовых потребностей населения [2].

Уровень энергетической эффективности объектов коммунальных предприятий, жилых домов и общественных зданий многократно ниже

уровня энергетической эффективности аналогичных объектов в таких странах, как Канада, Дания, Финляндия. Деятельность по реформированию в сфере ЖКХ ведется уже более 15 лет, однако качество управления процессами в этой сфере деятельности, невысоко.

Одним из путей решения проблемы повышения качества управления в сфере ЖКХ является разработка и внедрение в организациях отрасли систем энергетического менеджмента. В системах энергетического менеджмента основными управляемыми параметрами являются: энергетическая результативность, характеризующая потребление энергии, а также энергетическая эффективность, характеризующая соотношение достигнутых результатов в области энергосбережения и затрат на их достижение.

Целью внедрения системы энергетического менеджмента в управляющих организациях должно являться снижение себестоимости предоставляемых коммунальных услуг, а также обеспечение энергетической эффективности всех объектов управления (зданий, сооружений, коммуникаций прочих объектов инфраструктуры, находящихся в управлении организации).

Задача разработки и внедрения системы энергетического менеджмента в управляющей организации в сфере ЖКХ должна решаться специально созданной группой по энергетическому менеджменту. Согласно ГОСТ Р ИСО 50001-2012, группа по энергетическому менеджменту – это лицо(-а), ответственное(-ые) за результативное внедрение мероприятий в рамках системы энергетического менеджмента и осуществление улучшений энергетической результативности [3]. К функциям данной группы относится:

- обеспечение разработки, внедрения, поддержания в рабочем состоянии и постоянного улучшения системы энергетического менеджмента в соответствии с требованиями настоящего стандарта;
- предоставление отчетов высшему руководству об энергетических результатах;
- предоставление отчетов высшему руководству о функционировании системы энергетического менеджмента;
- обеспечение осуществления планирования мероприятий в области энергетического менеджмента для реализации энергетической политики организации;
- определение критериев и методов, необходимых для обеспечения эффективности функционирования и управления системой энергетического менеджмента;
- осуществление внутренних проверок (аудита) функционирования системы энергетического менеджмента;

- ведение методического руководства и помощи подразделениям по вопросам функционирования системы энергетического менеджмента;
- проведение систематического анализа эффективности функционирования системы энергетического менеджмента, предоставление руководству предприятия результатов анализа;
- руководство и координация работ по подготовке производства к инспекционным проверкам внешними контролирующими организациями по вопросам системы энергетического менеджмента [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный Закон от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/. Дата обращения: 27.02.2018.
2. Сайт ООО «РЭМ-Сервис» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rem-prim.ru/. Дата обращения: 27.02.2018.
3. ГОСТ Р ИСО 50001-2012 Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению [Текст]. Введ. 2012-12-01. М.: Стандартинформ, 2013. 6 с.
4. Сайт ООО «2К ИНЖИНИРИНГ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.energo-pasport.com/. Дата обращения: 27.02.2018.

УДК 005.6:621.311

ОБЪЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В СФЕРЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ПРИМЕРЕ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПАНИЙ

А.А. Абрамов, А.С. Волков, С.А. Царева

Научный руководитель – В.А. Голкина, канд. техн. наук

Ярославский государственный технический университет

В статье дана характеристика объектов управления в системах энергетического менеджмента.

Ключевые слова: *Энергетический менеджмент, система энергетического менеджмента, жилищно-коммунальное хозяйство.*

OBJECTS OF MANAGEMENT IN THE SYSTEM OF ENERGY MANAGEMENT IN THE SPHERE OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES, MANAGING COMPANIES BEING THE CASE

A.A. Abramov, A.S. Volkov, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – V.A. Golkina, Candidate of Technical Sciences

Yaroslavl State Technical University

The article describes the characteristics of management objects in energy management systems.

Keywords: *energy management, energy management system, housing and communal services.*

Система энергетического менеджмента (далее – СЭнМ) позволяет организации выполнять принятые обязательства, сформулированные в политике, принимать меры, необходимые для улучшения энергетической результативности, и демонстрировать соответствие своей системы требованиям настоящего стандарта [1].

Типовыми объектами управления в СЭнМ являются: энергия и энергетические услуги. ГОСТ Р ИСО 50001-2012 определяет эти объекты следующим образом. Энергия – электричество, топливо, пар, тепло, сжатый воздух и другие подобные ресурсы. Энергетические услуги – виды деятельности и их результаты, относящиеся к обеспечению поступления и/или использованию энергии.

Далее рассмотрим объекты управления в СЭнМ применительно к деятельности управляющей компании в сфере ЖКХ. Под объектами управления будем понимать:

- здания и сооружения, коммуникации и прочие объекты инфраструктуры, находящиеся в управлении организации;
- предоставляемые услуги;
- используемые ресурсы;
- система менеджмента управляющей компании в целом.

Сфера жилищно-коммунального хозяйства характеризуется предоставлением собственникам жилья двух видов услуг: жилищных и коммунальных. Жилищные услуги включают в себя всё, что необходимо для надлежащего содержания общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме. Конкретный перечень жилищных услуг согласовывается собственниками и управляющей организацией в договоре. Коммунальные услуги неразрывно связаны с использованием энергетических ресурсов. Список основных коммунальных услуг включает:

– горячее и холодное водоснабжение;
– водоотведение;
– электроснабжение;
– газоснабжение;
– отопление.

Услуги коммунальные в терминологии стандарта ГОСТ Р ИСО 50001 рассматриваются как энергетические услуги. Следовательно, коммунальные услуги – это виды деятельности организаций сферы ЖКХ и результаты этих видов деятельности, относящиеся к обеспечению поступления и/или использованию энергии (энергетических ресурсов).

Такие объекты управления, как здания, коммуникации (тепло-, электросети и прочие), обслуживаемые управляющими компаниями, должны поддерживаться в управляемом состоянии [2]. Должны быть обеспечены их энергетическая результативность и энергетическая эффективность.

Требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений включают в себя:

1) показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении;

2) требования к влияющим на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений архитектурным, функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям;

3) требования к отдельным элементам, конструкциям зданий, строений, сооружений и к их свойствам, к используемым в зданиях, строениях, сооружениях устройствам и технологиям, а также требования к включаемым в проектную документацию и применяемым при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте зданий, строений, сооружений технологиям и материалам, позволяющие исключить нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта зданий, строений, сооружений, так и в процессе их эксплуатации.

Управляющая компания регулярно (не реже чем один раз в год) обязана разрабатывать и доводить до сведения собственников помещений в многоквартирном доме предложения о мероприятиях по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, которые возможно проводить в многоквартирном доме, с указанием расходов на их проведение, объема ожидаемого снижения используемых энергетических ресурсов и сроков окупаемости предлагаемых мероприятий.

Управляющая компания обязана доводить до сведения собственников помещений в многоквартирном доме информацию о проводимых действиях или об отсутствии возможности их проведения по технологическим причинам.

Система менеджмента управляющей компании во многом определяет качество жилищных и коммунальных услуг, а также достижение энергетической результативности и эффективности всех объектов управления. Поэтому при определении состава элементов в системе менеджмента организации в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 50001-2012 руководство управляющей организации должно учитывать необходимость:

– формирования системы планирования деятельности компании;

– выделения процессов в системе менеджмента;

– формирования показателей и процедур измерения, контроля и мониторинга;

– определения количества и качества используемых ресурсов.

Основными процессами в системе менеджмента управляющей компании, безусловно, являются процессы оказания жилищных и коммунальных услуг. Руководство управляющей компании должно определить состав процессов менеджмента (процессов планирования, измерения и мониторинга), а также вспомогательных процессов (процессов ресурсного обеспечения деятельности управляющей компании).

Руководство управляющей компании должно обеспечить, чтобы каждый сотрудник, работающий для организации или по ее поручению,

имеющий отношение к обслуживанию зданий, сооружений, коммуникаций, а также к значительному использованию энергии, был компетентен на основе соответствующего образования, обучения и подготовки, навыков или опыта. Организация должна организовать проведение обучения и подготовки персонала или принять другие меры для удовлетворения этих потребностей [1].

Наиболее важным этапом при разработке и внедрении системы энергетического менеджмента предприятия ЖКХ является формирование энергетической политики. В энергетической политике управляющей компании формулируются требования ко всем объектам управления, не противоречащие требованиям, установленным Федеральным законом № 261-ФЗ [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 50001-2012 Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению [Текст]. Введ. 2012-12-01. М.: Стандартинформ, 2013. 27 с.
2. Сайт АНО «Агентство по энергосбережению УР» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://energosber18.ru/. Дата обращения: 27.02.2018.
3. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/. Дата обращения: 27.02.2018.

УДК 658.772

УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ С ВНЕШНИМИ ПОСТАВЩИКАМИ В ООО «ЛИНК»

А.С. Ангелов, А.С. Ермишин

Научный руководитель – А.С. Ермишин, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье проведен анализ работы с внешними поставщиками, выявлены основные проблемные поставщики, были разработаны и предложены мероприятия по совершенствованию системы управления взаимоотношения с внешними поставщиками в ООО «Линк».

Ключевые слова: *организация оптово-розничной торговли, оценка поставщиков, процессный подход, статистический приемочный контроль.*

RELATIONSHIP MANAGEMENT WITH EXTERNAL SUPPLIERS IN THE COMPANY «LINK»

A.S. Angelov, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – A.S. Ermishin, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article analyzes the work with external suppliers, identified key unscrupulous suppliers, developed and proposed measures to improve the management system of relations with external suppliers in the company «Link».

Keywords: *the company of wholesale and retail trade, evaluation of suppliers, process approach, statistical acceptance control.*

Важность выбора и построение взаимовыгодных отношений с поставщиками объясняется не только функционированием на современном рынке большого количества поставщиков одинаковых материальных ресурсов, но и тем, что он должен быть, прежде всего, надежным партнером товаропроизводителя в реализации его стратегии организации производства.

Большое количество и разнообразие потенциальных поставщиков, требуемых материальных ресурсов приводит к тому, что особое внимание уделяется проблеме выбора тех, которые могли бы с наибольшим

эффектом обеспечить успешную производственно-сбытовую деятельность предприятия [1].

ООО «Линк» – юридическое название холдинга «Аксон», реализующего свою деятельность направлениях розничной торговли (торговые центры DIY, мебели и бытовой техники «Аксон», базы, магазин офисной мебели «Заря»), сервисно-производственном («Аксон сервис», строительная компания «Кордис», цех по производству металлоизделий и кузница, предприятие по производству мебели «Такос», кадровое агентство «Профи-Консалт», охранное предприятие «Кобальт», транспортная компания «Спецтранс»), банковском (КБ «Аксонбанк») и производстве сельскохозяйственной продукции (ОАО «Колхоз Домославский»).

Приемка товара на предприятии производится следующим образом:

– контроль грузового транспорта на наличие пломб – свидетельство того, что к поставляемым товарам не было доступа в ходе перевозки;

– пересчет грузовых мест (паллет с товаром);

– производится проверка входных документов на их целостность (наличие печатей, подписей водителя и отправителя – поставщика);

– товар выгружается из транспортного средства в зону приемки на складе;

– с помощью терминалов сбора данных производится сканирование всех поставленных единиц продукции на предмет обнаружения недостач или излишков;

– кладовщиком производится сплошной контроль продукции на предмет дефектов;

– в случае обнаружения дефектов в программе 1С: Торговля составляется акт о бракованном товаре от поставщика;

– в случае обнаружения излишков или недостач в программе 1С: Торговля создаются акты излишков (недостач товара).

На предприятии ООО «Линк» в текущий момент реализованы следующие виды контроля:

– контроль входной документации от поставщиков (приходные документы);

– сплошной контроль входящей продукции на количественную и качественную составляющие. Соответствие количественной составляющей определяется с помощью терминалов сбора данных и последующего анализа расхождений (если они есть) с приходными документами. Соответствие качественной составляющей определяется на основе органолептической оценки.

Испытаний товара при приемке не проводится.

Методы сплошного контроля не обеспечивают должный уровень снижения рисков как поставщика, так и потребителя:

– в силу различных внешних факторов при большом объеме входящей продукции возможна как забраковка годных партий, так и допуск к продаже дефектных изделий;

– для проверки каждой единицы входящей продукции необходимо время, что может привести к задержке товаров в зоне приемки, следовательно, к потере прибыли от ее реализации;

– требуется наличие дополнительного персонала для проверок.

С марта 2017 года при приемке товаров от поставщиков на складе организации оптово-розничной торговли ООО «Линк» было обнаружено несоответствующей продукции на сумму 1243314,71 руб. Общая стоимость закупленной продукции от поставщиков за это время составила 112800448,81 руб. Вычислив отношение доли несоответствующей продукции к общей сумме поставленных товаров получаем 0,01 или 1% потерь товара при доставке и приемке, что является очень высоким показателем.

Был составлен срез отбраковки товаров по поставщикам, и построена диаграмма Парето, представленная на рис. 1.

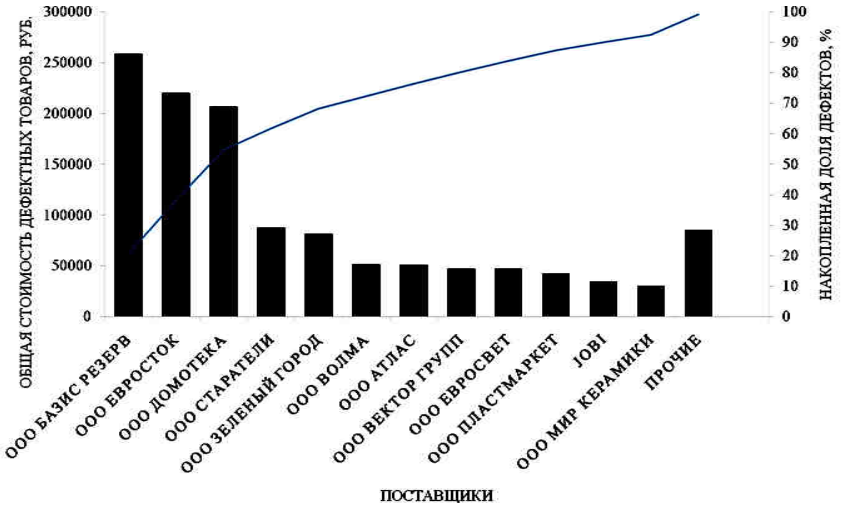


Рис. 1. Диаграмма Парето по поставщикам ООО «Линк»

Из диаграммы можно сделать вывод о том, что в стоимостном выражении 80% отбраковки товара приходится на шесть поставщиков – ООО «Базис резерв», ООО «Евросток», ООО «ДОМОТЕКА», ООО «Старатели», ООО «Зеленый город», ООО «Волма». Эти поставщики охватывают большой объем ассортимента товаров, приносящих наибольшую прибыль – товары для дома, сантехнические изделия, строительные ма-

териалы, сезонные товары. Поэтому остро встает вопрос по подбору наиболее добросовестных поставщиков для групп товаров торгового центра.

Два наиболее проблемных поставщика – ООО «Базис резерв» и ООО «Евросток».

ООО «Базис резерв» поставляет санфаянс, смесители, комплектующие к смесителям, мойки, душевое оборудование и мебель для ванной комнаты.

Основными причинами брака товара от этого поставщика являются бой и некомплектность.

ООО «Евросток» является поставщиком стальных и акриловых ванн, душевых кабин, радиаторов, водонагревателей и полотенцесушителей.

Основные причины брака товара от данного поставщика – дефекты при перевозке.

Одним из способов контроля качества поставляемых товаров от внешних поставщиков является статистический приемочный контроль. Исходя из условий организации и нормативно-технической документации по статистическим методам приемочного контроля, было решено взять за основу ГОСТ Р ИСО 18414-2008 по системе нуль-приемки на основе показателя резерва доверия к качеству продукции [2].

Предложено установить следующую систему оценки степени доверия для установки входного уровня качества *a* по формуле (1):

$$a = \frac{S_{\text{дефект}}}{S_{\text{общ}}} \cdot 100\% \frac{S\text{дефект}}{S\text{общ}} * 100\%,$$

(1)

где $S_{\text{дефект}}$ – стоимость дефектной продукции, поставленной данным поставщиком, $S_{\text{общ}}$ – общая стоимость дефектной продукции по всем поставщикам.

В случае объема выборки меньше единицы берется выборка объемом 1.

Обработка непринятой партии, когда бонусный показатель выше нуля, должна быть согласована между поставщиком и потребителем. Партия либо должна быть возвращена без дальнейшего контроля, а поставщик и потребитель должны договориться о распоряжении соответствующими и несоответствующими единицами продукции выборки, либо партия должна быть подвергнута сплошному контролю, а поставщик и потребитель должны договориться о распоряжении соответствующими и несоответствующими единицами продукции из партии.

Алгоритм проведения контроля следующий.

При установленном значении AOQL (*a*) план выборочного контроля для следующей партии автоматически определяется на основе *a*, объема партии *N* и текущего значения бонусного показателя *K*.

Первоначально бонусный показатель *K* должен быть равен нулю.

Для установленного значения AOQL (a), накопленного бонусного показателя K и объема партии N определяют объем выборки по формуле (2):

$$n = \frac{N}{(K+N)a+1}.$$

$$n = \frac{N}{(K+N)a+1} \quad (2)$$

Из партии должна быть отобрана случайная выборка объема n. Для каждой единицы продукции в выборке должны быть проконтролированы характеристики качества. Если все единицы продукции в выборке соответствуют установленным требованиям, партию принимают, а бонусный показатель увеличивают на N. В противном случае партию не принимают.

Действия в случае отклонения партии:

– если текущее значение бонусного показателя равно нулю, то партию подвергают сплошному контролю, а все соответствующие единицы продукции принимают. Значение бонусного показателя остается равным нулю;

– если текущее значение бонусного показателя не равно нулю, то партию подвергают сплошному контролю, разбраковке или возвращают поставщику в соответствии с соглашением между поставщиком и потребителем. Бонусный показатель приравнивают к нулю. Распоряжение соответствующими единицами продукции, найденными в выборке или при сплошном контроле, должно быть согласовано между поставщиком и потребителем.

Для последующих партий из однотипных единиц продукции одного и того же поставщика процедуру повторяют.

Предлагаемый метод статистического приемочного контроля уменьшит стоимость товара за счет исключения издержек логистики (возвраты дефектной продукции поставщику, много ресурсов складского персонала для проверки приходов товара и т.д.), что является одним из наиболее эффективных методов повышения конкурентоспособности организации оптово-розничной торговли.

В результате исследований были сформулированы следующие предложения для ООО «Линк»:

– внедрить методы статистического приемочного контроля и рейтинга поставщиков для ускорения процесса приемки товара и сокращения затрат;

– использовать простой и понятный алгоритм приемки товара с использованием статистического приемочного контроля по альтернативному признаку с использованием бонусного показателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Котлер Ф.* Бренд-менеджмент в B2B-сфере [Текст] / Ф. Котлер, В. Пферч; пер. с англ. М.: Изд-во «Вершина», 2007. 432 с.

2. ГОСТ Р ИСО 18414-2008 Статистические методы. Процедуры статистического приемочного контроля по альтернативному признаку. Система нуль-приемки на основе показателя резерва доверия к качеству продукции [Текст]. Введ. 2009-12-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2009. 14 с.

УДК 65.018.2

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

К.О. Бауфал, С.А. Царева

Научный руководитель – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены проблемы конкурентоспособности предприятий легкой промышленности. Дана характеристика факторных и экспертных оценок конкурентоспособности промышленного предприятия.

Ключевые слова: *конкурентоспособность предприятий, легкая промышленность.*

THE COMPETITIVENESS OF LIGHT INDUSTRY ENTERPRISES

K.O. Baufal, S.A Tsareva

Scientific Supervisor – S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the problems of competitiveness of light industry enterprises. Indicators of factor and expert assessments of competitiveness of the industrial enterprise are carried out.

Keywords*: competitiveness, light industry.*

Одной из проблем повышения конкурентоспособности национальной экономики является наиболее полное использование имеющихся и вновь создаваемых стратегических конкурентных преимуществ ведущих отраслей и промышленных предприятий.

Для оценки показателей конкурентоспособности промышленного предприятия ООО «Апрель» (г. Ярославль) была проведена экспертная оценка факторов. Экспертам было предложено оценить: коэффициент

предпродажной подготовки, коэффициент уровня цен, интегральный показатель конкурентоспособности предприятия по качеству.

ООО «Апрель» образовано в 1993 году. Это крупное предприятие, которое успешно производит полный технологический цикл, включающий производство полуфабриката, разработку дизайна и пошив одежды. «Апрель» представляет широкий ассортимент трикотажной детской одежды разнообразной цветовой палитры: одежда для новорожденных, детская одежда, домашняя одежда, одежда для школы, термобелье. За счет взаимовыгодных партнерских отношений предприятие располагает большой дилерской сетью по всей стране от Москвы до Владивостока. Его продукция продается более чем в 40 городах России. На рассматриваемом предприятии есть собственная творческая лаборатория, состоящая из дизайнеров и конструкторов. Специалисты творческой лаборатории четко отслеживают тенденции мировой моды для возможности создания востребованного ассортимента детской одежды.

Среди показателей, характеризующих производственную деятельность предприятия, можно выделить показатели оценки конкурентоспособности товара, включающие: коэффициент предпродажной подготовки, коэффициент уровня цен, интегральный показатель конкурентоспособности предприятия по качеству (таблица 1).

Таблица 1. Показатели факторной оценки конкурентоспособности промышленного предприятия

Наименование показателя	Метод расчета	Характеристика показателя
1	2	3
1. Коэффициент предпродажной подготовки (КПП)	КПП= ЗПП / ЗПОП, где: ЗПП – сумма затрат на предпродажную подготовку; ЗПОП – сумма затрат на производство (приобретение) продукта и организацию его продаж	Характеризует усилие фирмы к росту конкурентоспособности за счет улучшения предпродажной. подготовки
2. Коэффициент уровня цен (КУЦ)	КУЦ =(Цmax + Цmin) / 2Цуп, где: Цmax – максимальная цена на рынке, руб.; Цmin – минимальная цена на рынке, руб.; Цуп – цена, установленная предприятием, руб.	Показывает рост или снижение конкурентоспособности предприятия за счет динамики цен на продукт

Окончание таблицы 1

1	2	3
3. Интегральный показатель конкурентоспособности предприятия по качеству (Iкн)	Iкн = КТлин · КТраз, где: КТлин – коэффициент конкурентоспособности по параметру «линейная плотность»; КТлин = Пmin / Пт, где: Пт – величина параметра «линейная плотность» анализируемого товара; Пmin – минимальное значение параметра «линейная плотность» среди всей анализируемой группы товаров; КТраз – коэффициент конкурентоспособности по параметру «разрывная нагрузка» КТраз = Пт / Пmax, где: Пт – величина параметра «разрывная нагрузка» анализируемого товара; Пmax – максимальное значение параметра «разрывная нагрузка» среди всей анализируемой группы товаров	Характеризует зависимость конкурентоспособности товара от его качественных параметров

В ходе исследования эксперты оценили по 6-балльной шкале весомость каждого из трех предложенных факторов оценки конкурентоспособности предприятия (таблица 2). Также было проведено ранжирование основных показателей оценки каждого фактора.

Таблица 2. Экспертная оценка весомости факторов конкурентоспособности предприятия

Критерии оценки	Экспертная оценка																
Коэффициент предпродажной подготовки	2	4	5	4	5	6	5	4	4	5	4	6	5	6	6	4	5
Коэффициент уровня цен	4	2	2	2	3	1	4	3	2	2	3	3	2	3	3	2	4
Интегральный показатель конкурентоспособности предприятия по качеству	5	5	6	6	2	5	6	6	6	4	5	4	3	4	4	5	6

Наиболее значимым, согласно мнению экспертов, является показатель конкурентоспособности предприятия по качеству, а наименее – коэффициент предпродажной подготовки.

Активизация государственной инновационной политики, повышение требований к качеству и конкурентоспособности продукции связаны с переводом системы технического регулирования на технические регламенты, обновлением национальных стандартов и стандартов организаций.

Товары и услуги, прошедшие процедуру декларирования соответствия ТР ТС, повышают конкурентоспособность компании, являющейся поставщиком или производителем продукции.

На предприятии ООО «Апрель» оценка соответствия продукции осуществляется по требованиям технических регламентов Таможенного Союза, а именно требованиям Технического регламента Таможенного Союза (ЕАС) «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» ТР ТС 007/2011 [1].

Основная цель документа – создание эффективного механизма стимулирования производства инновационной продукции и содействия импортозамещению, условий, которые будут способствовать повышению качества и конкурентоспособности продукции.

В настоящее время организована специальная рабочая группа, куда вошли представители Роспотребнадзора, Ростехрегулирования – все те, кто отвечает за безопасность и качество текстильной продукции.

Регламенты на текстильную продукцию обеспечивают создание общего поля проектирования для всей легкой промышленности, гарантируя беспрепятственное движение продукции и технологий, увеличивая конкуренцию и сотрудничество и оказывая помощь эффективному функционированию рынка. Их разработка обеспечивает повышение производительности труда и качества производимой продукции, ведь посредством регламентов повышается уровень взаимодействия между участниками производственного процесса, а применение стандартов менеджмента качества системно обеспечивает стратегические и оперативные процессы повышения качества продукции [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТР ТС 007/2011 О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков [Текст]. М.: Стандартинформ, 2011. 60 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: Стандартинформ, 2015. 26 с.

УДК 006.07

ОСОБЕННОСТИ АККРЕДИТАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОГО ОРГАНА ПО СЕРТИФИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ООО ССУ «ДЭКУЭС»

В.А. Беликова, Н.В. Горячёва

Научный руководитель – Н.В. Горячёва, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет

Рассматриваются основные положения и особенности аккредитации органов по сертификации, преимущества сотрудничества с международными органами по сертификации.

Ключевые слова: *аккредитация органа по сертификации, служба по аккредитации.*

PECULIARITIES OF ACCREDITATION OF THE INTERNATIONAL CERTIFICATION BODY ON THE EXAMPLE «DQS»

V.A. Belikova, N.V. Goryacheva

Scientific Supervisor – N.V. Goryacheva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Rybinsk State Aviation Technical University

The paper examines basic provisions and peculiarities of accreditation of certification bodies, advantages of cooperation with international certification bodies.

Keywords: *accreditation of the certification body, accreditation service.*

Сертификация систем менеджмента третьих сторон является часто устанавливаемым требованием к функционированию на мировом рынке. Она может служить доказательством соответствия стандарту, деловому кодексу или нормативным требованиям. Также она может служить стимулом для внутреннего развития бизнеса.

Выбор органа по сертификации, аккредитованного органом по аккредитации доказывает, что он соответствует наилучшей практике. Он является компетентным в предоставлении стабильно надёжных и беспри-

страстных услуг, которые отвечают соответствующему международно-признанному стандарту.

Орган по сертификации должен иметь ряд факторов для сертификации системы менеджмента:

– постоянный мониторинг квалификации, подготовки и компетентности персонала;

– наличие технически компетентных людей, которые имеют соответствующие опыт и знания в сфере;

– сертификация признаётся поставщиками на внутреннем и зарубежном рынках;

– сертификация независимо и беспристрастно подтверждает соответствие стандарту.

Аккредитация – это независимая оценка органа по сертификации согласно требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021–2012 для обеспечения их беспристрастности, компетентности и последовательности. Стандарт устанавливает принципы и требования к компетентности, последовательности и беспристрастности органов, которые предоставляют услуги по аудиту и сертификации систем менеджмента.

Во многих странах, аккредитация не является обязательной. Следует отметить тот факт, что если орган по сертификации не аккредитован, это ещё не означает, что он не является авторитетной организацией. Однако многие органы по сертификации принимают решение прибегнуть к аккредитации для того, чтобы можно было продемонстрировать независимое подтверждение своей компетентности и независимости.

Однако сотрудничество с аккредитованным органом по сертификации имеет целый ряд преимуществ:

– заказчик услуг уверен в том, что ему предоставят услуги, близко соответствующие его требованиям;

– использование аккредитованных услуг по оценке соответствия является всё более важным условием для спецификаторов как в государственном, так и частном секторе;

– у заказчика услуг появляется возможность показать партнерам по бизнесу достоверные доказательства хорошей практики.

Аккредитацию органов по сертификации вправе проводить только полномочные органы по аккредитации. В России, например, это федеральная служба по аккредитации «Росаккредитация». Органы по сертификации не имеют права сертифицировать другой орган по сертификации, это является прямым нарушением п. 5.4.2 стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021–2012 – «орган по сертификации не должен сертифицировать другой орган по сертификации систем менеджмента в отношении его деятельности по сертификации систем менеджмента» [1].

DQS – международный холдинг по аудиту и сертификации, головной офис которого расположен в Германии.

Российское отделение DQS функционирует на территории страны с 1998 года и расположено в городе Ярославле. Орган по сертификации ООО ССУ «ДЭКУЭС» предоставляет заказчикам на профессиональном уровне комплекс услуг по сертификации различных систем менеджмента (менеджмент качества, менеджмент риска, экологический менеджмент, менеджмент информационной безопасности и др.) [2].

ООО ССУ «ДЭКУЭС» имеет аттестат по аккредитации от федеральной службы «Росаккредитация», который был получен в 2016 году.

ООО ССУ «ДЭКУЭС» является дочерним органом немецкого холдинга DQS Holding GmbH, который имеет сертификат об аккредитации от немецкой службы по аккредитации «DAkkS», действие которого распространяется и на российское отделение.

В этом заключается особенность органа по сертификации международного уровня – «двойная» аккредитация.

Такая особенность имеет следующие преимущества на рынке сертификационных услуг:

– для заказчика, который обратился в международный аккредитованный орган по сертификации, открывается доступ к зарубежным рынкам, поскольку сертификаты, выданные органами, аккредитованными подписантом Многостороннего соглашения IAF (DAkkS) признаются и принимаются во всём мире;

– при выходе на международный рынок у заказчика нет необходимости сертифицироваться еще где-либо за рубежом.

Таким образом, ООО ССУ «ДЭКУЭС» – орган по сертификации, который, в отличие от многих своих конкурентов, аккредитован сразу двумя органами по сертификации – и это важное преимущество для заказчиков услуг ООО ССУ «ДЭКУЭС», особенно для тех, кто действует не только в пределах Российской Федерации, но и за рубежом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные сведения о компании DQS. Официальный сайт Российского отделения компании DQS [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.dqs-russia.ru/cat/o-kompanii/. Дата обращения: 27.02.2018.

2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021-2012 Оценка соответствия. Требования к органам, проводящим аудит и сертификацию систем менеджмента [Текст]. Введ. 2013-02-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. 37 с.

УДК 657.631.8

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРТИФИКАЦИИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ

В.А. Беликова, Н.В. Горячёва

Научный руководитель – Н.В. Горячёва, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет

Рассматриваются сходства и различия в подходах к процессу сертификации систем менеджмента качества в Российской Федерации и Европейском Союзе.

Ключевые слова: *система менеджмента качества, модульная система сертификации, стандарты серии ISO 9001, добровольное подтверждение соответствия.*

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF CERTIFICATION OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS IN THE RUSSIAN FEDERATION AND THE EUROPEAN UNION

V.A. Belikova, N.V. Goryacheva

Scientific Supervisor – N.V. Goryacheva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Rybinsk State Aviation Technical University

The paper examines the similarities and differences in the process of certification of quality management systems in the Russian Federation and the European Union.

Keywords: *quality management system, modular certification system, ISO 9001 series standards, voluntary conformity assessment.*

В Европейском Союзе (далее по тексту ЕС) сертификация систем менеджмента качества (далее по тексту СМК) может проходить в рамках подтверждения требованиям стандарта серии ISO 9001 или в рамках модульной системы.

В системе сертификации Российской Федерации (далее по тексту РФ) присутствует только один способ сертификации СМК – подтверждение требованиям стандарта серии ISO 9001.

1) Подтверждение требованиям стандарта серии ISO 9001. В Европейском союзе существует более трехсот систем сертификации (обязательной и добровольной). Органов по сертификации насчитывается порядка семисот.

Важной характеристикой добровольного подтверждения соответствия в ЕС можно считать тот факт, что соответствие нормативам ISO 9001 воспринимается как некий универсальный стандарт, подтверждающий, что, во-первых, работа со стандартами в организации ведется планомерно и систематически, а, во-вторых, что предприятие, скорее всего, следит и за другими нормативами и техническими документами в отрасли. Такой взгляд приводит к тому, что в ЕС международные стандарты серии ISO 9001 становятся обычным требованием партнеров и заказчиков. Без затребованного добровольного сертификата условия сделки могут стать, либо куда менее выгодными, либо, сделка может не состояться вовсе.

Учитывая тот факт, что стандарты серии ISO 9001 являются международными, можно сказать – подход к сертификации по этим стандартам в ЕС и в РФ практически идентичен, что приводит к унификации процесса сертификации по всему миру.

2) Модульная сертификация систем менеджмента качества в ЕС.

Помимо добровольной сертификации по стандартам серии ISO 9001, обязательная сертификация систем менеджмента качества включена в рамки модульной сертификации в ЕС, а именно в три модуля из шестнадцати.

Сертификация продукции в Европейском Союзе подразумевает единый подход к требованиям по безопасности и оценки соответствия. Это предназначено для устранения барьеров по перемещению продукции внутри экономического пространства ЕС. Глобальный подход к процедурам оценки соответствия обуславливает общие регламентированные схемы сертификации на основании единого гармонизированного законодательства стран – членов ЕС. Сама оценка соответствия представляет собой доказательство, что показатели продукта соответствуют таким нормативным документам, как гармонизированные стандарты, директивы, регламенты и технические условия.

Директива ЕС – это законодательным акт, выпущенный Европейским Союзом. Данная система директив также отслеживает качество и безопасность товаров, которые поступают на рынок Европейского Союза.

Для достижения соответствия выпускаемого продукта требованиям Европейских Директив, опубликованных в сборниках законов, от производителей требуется понимание необходимых требований и процедур.

В оценку соответствия входят такие процессы, как испытания по определению характеристик продукта, контроль, включающий проверку технической документации, аудит производства с целью мониторинга процессов производства, оборудования и методик изготовления. Последним этапом оценки соответствия является сертификация, которую проводит третья сторона и, которая является подтверждением соответствия. Оценка соответствия является обязанностью изготовителя.

Существенная задача процедуры оценки соответствия – продемонстрировать, что продукты, поставляемые на рынок, соответствуют требованиям, выраженным в положениях соответствующего законодательства. Обычно конечным результатом оценки соответствия является выпуск сертификата соответствия и нанесения маркировки CE на продукцию.

Сертификация Евросоюза, включающая в себя все этапы оценки соответствия, разбита на модули. Всего существует 16 модулей оценки соответствия (A, A1, A2, B, C, C1, C2, D, D1, E, E1, F, F1, G, H, H1) [1].

Каждый модуль является набором определенных операций по проведению оценки продукции, в соответствии с требованиями к данному продукту со стороны нормативных документов. Каждый модуль является регламентированным вариантом, предназначенным к конкретной продукции на основании требования конкретной Директивы или стандарта. Прохождение оценки соответствия строго по модулю дает в результате сертификат соответствия, позволяющий продукции свободно продаваться и покупаться на территории стран ЕС.

В соответствии с гармонизированным законодательством Европейского Союза, процедуры оценки соответствия состоят из одного или двух модулей оценки соответствия.

Поскольку продукция подвергается оценке соответствия, как на этапе проектирования, так и производства, процедура оценки соответствия охватывает как этапы проектирования, так и производства, в то время как модуль может охватывать либо одну из этих двух фаз (в данном случае процедура оценки соответствия состоит из двух модулей) либо обе (в данном случае процедура оценки соответствия состоит из одного модуля) [2].

Решение № 768/2008/ЕС закладывает горизонтальную систему использования модулей оценки соответствия и способов использования процедуры, построенной из модулей. Оценку соответствия в Европейском союзе проводят национальные органы по аккредитации.

Ответственный за продукцию выбирает применимую ему процедуру оценки соответствия, которая является наиболее подходящей для

целей удовлетворения конкретных потребностей соответствующего сектора производства.

Процедуры оценки соответствия эквивалентны с юридической точки зрения, но технически не идентичны с точки зрения методов. Их применение в отраслевом законодательстве направлено на обеспечение высокого уровня доверия в отношении соответствия продукции соответствующим основным требованиям.

Выбор между используемыми модулями должен быть достаточно разнообразным для того, чтобы быть применим к широкому спектру рассматриваемой продукции.

Системы менеджмента качества в модульной сертификации. Наличие обязательного сертификата на СМК у предприятия указано в модулях D, E, H.

Затраты при получении доказательства соответствия по процедуре этих модулей достаточно немалые и сам процесс достаточно затратный по времени, но, тем не менее, данный модуль имеет, пожалуй, самый солидный вес в области оценки соответствия. Это обусловлено тем, что помимо определения характеристик продукта, соответствие проводится на основании полного обеспечения качества и контроля проектирования, что ясно говорит о действительно высоком уровне производства продукции и качестве самого продукта.

В РФ на сегодняшний день нет аналогов модульной системе оценки соответствия Европейского союза, обязательная сертификация в РФ отменена практически по всем группам товаров.

Среди обязательной формы подтверждения соответствия преобладает декларация соответствия. Тем не менее, в РФ наблюдается практика гармонизации с модульным подходом по сертификации в ЕС.

Делая вывод, можно отметить, что, несмотря на имеющиеся различия в методах проведения сертификации в РФ и ЕС, в России есть тенденция перенимать зарубежный опыт для улучшения своих практик и преодоления барьеров во взаимодействии с зарубежными партнерами. Особенно учитывая тот факт, что нормативные основы в РФ в этой сфере являются идентичными лучшим европейским практикам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РМГ 102-2010 Модули оценки (подтверждения) соответствия и схемы сертификации [Текст]. Введ. 2011-09-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2011. 27 с.

2. *Грибанов Д.И.* Основы метрологии, сертификации и стандартизации [Текст]: учебное пособие / Д.И. Грибанов. М.: Изд-во Инфра-М, 2017. 127 с.

УДК 005.6:796

ПРИМЕНЕНИЕ QFD-МЕТОДА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА УСЛУГ, ОКАЗЫВАЕМЫХ В КУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОМ ЦЕНТРЕ (НА ПРИМЕРЕ МУ «ИВНЯКОВСКИЙ КУЛЬТУРНО–СПОРТИВНЫЙ ЦЕНТР»)

А.И. Белякова, А.С. Степанова

Научный руководитель – А.С. Степанова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается применение QFD-метода для оценки удовлетворённости потребителей и выявления улучшений качества услуг, оказываемых в культурно-спортивном центре МУ «Ивняковский культурно-спортивный центр».

Ключевые слова: *сфера услуг, спортивные услуги, показатели процесса, удовлетворённость потребителей, качество, QFD-методология.*

THE APPLICATION OF QFD METHOD FOR IMPROVING THE QUALITY OF SERVICES PROVIDED IN THE CULTURAL AND SPORTS CENTER (FOR EXAMPLE MU «IVNYAKOVSKOGO CULTURAL AND SPORTS CENTER »)

A.I. Belyakova, A.S. Stepanova

Scientific Supervisor – A.S. Stepanova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the use of QFD-method to assess customer's satisfaction and identify improvements in the quality of services provided in the cultural and sports center of the MU «Ivnyakovsky cultural and sports center».

Keywords: *services industry, sports services, process indicators, customer satisfaction, quality, QFD-methodology.*

МУ «Ивняковский культурно-спортивный центр» имеет широкий спектр предоставляемых услуг как платных, так и бесплатных. Множество направлений деятельности производится на бюджетной основе.

Необходимо рассмотреть процесс предоставления спортивных услуг, осуществляемых на платной основе, так как прибыль от данной деятельности будет способствовать развитию второй основной деятельности, осуществляемой в организации, а именно – культурных услуг.

Качество – это способность товаров и услуг удовлетворять запросам потребителя. И если мы хотим добиться качества, то необходимо признать, что самый верный способ его достичь – руководствоваться запросами и ожиданиями потребителей услуги или продукции [1].

На сегодняшний день самым мощным инструментом прямого воплощения требований потребителя в непосредственные характеристики услуги или продукции является методология QFD – Quality Function Deployment.

Рассмотрим последовательность применения QFD на примере МУ «Ивняковский культурно-спортивный центр».

Первый этап – определение ожиданий потребителей.

Список ожиданий потребителей составлен путём проведения опроса потребителей. Благодаря опросу установлено, что наиболее важными показателями для потребителя являются: цена, месторасположение, чистота помещений, большой выбор тренажёров, квалификация персонала, социально-психологическая атмосфера в спорткомплексе.

По результатам первого этапа заполняются столбцы в левой части «дома качества» (рис. 1, блок 1, графы «Ожидания потребителя» и «Важность ожидания»).

Второй этап – определение сравнительной ценности услуги.

Для этого МУ «Ивняковский КСЦ» сравнивался со спортивным клубом «Тело».

Оценки выставлялись экспертным методом по показателям, которые установлены в нормативной документации по предоставлению спортивных услуг.

По результатам второго этапа заполняются столбцы в правой части «дома качества» (рис. 1, блок 2, графа «Оценка»).

Третий этап – установление целей проекта.

Экспертной группой определяются целевые значения для каждого ожидания потребителей услуги. При этом ещё раз используется пятибалльная шкала. Для каждого показателя определена оценка пять.

На базе определённых целевых значений для каждой характеристики услуги рассчитывают степень улучшения качества.

После этого в рамках определения целей проекта должны быть установлены весомость и относительная весомость каждого ожидания потребителя.

По результатам выполненных расчётов на третьем этапе заполняются столбцы в правой части «дома качества» (рис. 1, блок 3, графа «Степень улучшения», «Весомость» и «Относительная весомость»).

Этап четыре – подробное описание характеристик спортивных услуг, выделенных из нормативной документации (рис. 1, блок 4).

После окончания этапа работы, связанного с визуализацией и оценкой весомости ожиданий потребителей, необходимо решить, как обеспечить выполнение этих ожиданий на практике. На этом этапе осуществляется перевод ожиданий потребителя на язык поддающихся количественному определению технических параметров и характеристик услуги.

На пятом этапе заполняются матрицы связи. Изучается сила влияния характеристик услуги на выполнение ожиданий потребителя.

Для этого применяется матрица связей, которая является центральной частью «дома качества» (рис. 1, блок 5).

В каждой ячейке матрицы указывается взаимосвязь между ожиданиями потребителей и характеристиками услуги. При этом показателями взаимосвязи являются: сила взаимосвязи и значимость взаимосвязи.

Далее находится суммарная оценка по каждому столбцу матрицы связей, а также приоритетность технических характеристик.

По результатам расчётов заполняется нижний этаж «дома качества» (рис. 1, блок 7, графы «Суммарная оценка» и «Приоритетность, %»).

На шестом этапе заполняется корреляционная матрица (рис. 1, блок 6), в которой указывается взаимосвязь между самими характеристиками. При этом в каждой ячейке, соответствующей определённой паре характеристик, ставится значок, характеризующий силу взаимосвязи.

Этап семь – технический анализ. Заполняется «подвал» «дома качества» (рис. 1, блок 8). В графе «Единицы измерения» указываются единицы измерения для каждой характеристики продукции, а в графах с названиями двух спортивных комплексов указываются значения характеристики услуги, полученные экспертными и измерительными методами.

На последнем, восьмом, этапе экспертным методом определяются целевые значения на основе имеющихся данных с учётом их приоритетности (рис. 1, блок 8, графа «Целевое значение»). Целевые значения имеют непосредственное отношение к улучшению

характеристик услуги, поэтому в дальнейшем необходимо стремиться к этим значениям, тем самым, улучшая качество предоставляемой услуги.

Все блоки соединяем в единый «дом качества», который изображён на рис. 1.

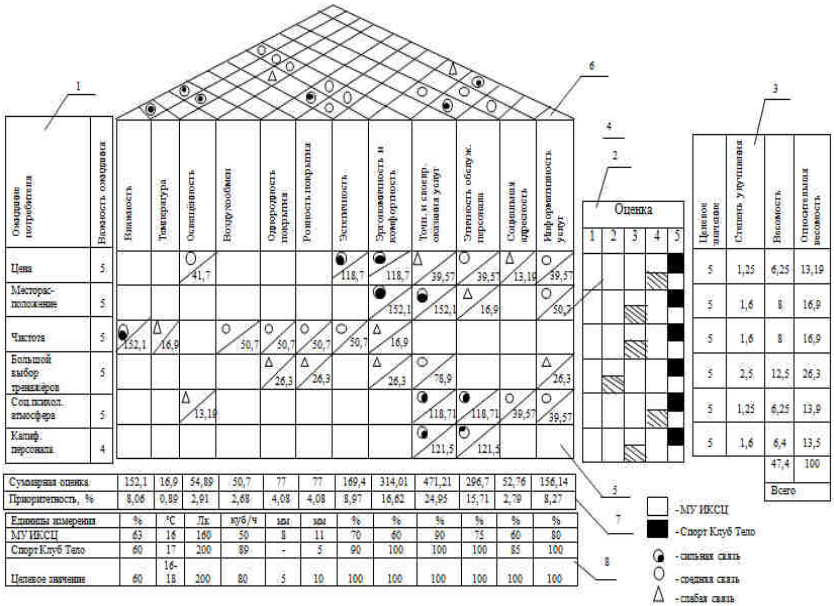


Рис. 1. «Дом качества» для спортивных услуг

После построения выделяются параметры, которые не соответствуют требуемым показателям.

Практически все показатели МУ «ИКСЦ» не удовлетворяют установленным целевым значениям. Для того чтобы привести их в соответствие, необходимо разработать мероприятия по улучшению качества оказываемых услуг.

В культурно-спортивном центре отсутствует система менеджмента качества, но в учреждении проводится деятельность по повышению качества оказываемых услуг. Именно на это и стоит, прежде всего, обратить внимание. Необходимо внедрение системы менеджмента качества в рамках деятельности МУ «Ивняковский культурно-спортивный центр», что, несомненно, повысит качество оказываемых услуг данной организацией, а следовательно повысит конкурентоспособность культурно-спортивного центра среди многочисленных спортивных комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брагин Ю.В*. Путь QFD: проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителей [Текст] / Ю.В. Брагин, В.Ф. Корольков. Ярославль: Издательство «ННОУ», 2003. 240 с.

2. Федеральный закон от 04.12.2007 № 329-ФЗ «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» [Текст]. М.: Государственная дума, 2007.

3. ГОСТ Р 55529-2013 Объекты спорта. Требования безопасности при проведении спортивных и физкультурных мероприятий. Методы испытаний [Текст]. Введ. 2014-01-01. М.: Стандартинформ, 2014. 38 с.

4. ГОСТ Р 52024-2003 Услуги физкультурно-оздоровительные и спортивные. Общие требования [Текст]. Введ. 2003-07-01. М.: Госстандарт России, 2002. 8 с.

УДК 65.018.2

ПРОГРАММНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

В.Н. Белянкина, С.А. Царева

Научный руководитель – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены статистические методы в оценке рисков. Проведен расчет экологических рисков на основе применения Байесовских сетей.

Ключевые слова: *статистические методы, экологические риски, Байесовские сети.*

PROGRAM AND STATISTICAL METHODS IN ASSESSMENT OF ECOLOGICAL RISKS

V.N. Belyankina, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted statistical methods in assessment of risk. The article describes the method of ecological risks calculation on the basis of application of the Bayes networks.

Keywords: *statistical methods, ecological risks, Bayes networks.*

Реагирование на риски и возможности создает основу для повышения результативности системы менеджмента качества, достижения более высоких результатов и предотвращения негативных последствий. В связи с ужесточением требований законодательных актов в отношении воздействия на окружающую среду, все больше организаций стремятся к внедрению Системы экологического менеджмента (СЭМ), направленную на управление экологическими рисками.

ГОСТ Р ИСО 31010-2011 приводит ряд методов оценки рисков. В их число входит группа статистических методов (таблица 1).

Таблица 1. Факторы, влияющие на выбор методов оценки риска

Наименование метода оценки риска	Описание
Марковский анализ	Марковский анализ иногда называют анализом состояний, его обычно используют при анализе сложных восстанавливаемых систем, которые могут находиться в различных состояниях, включая состояния с ухудшенными характеристиками работоспособности
Моделирование методом Монте-Карло	Моделирование методом Монте-Карло используют для установления изменений системы, возникающих в результате изменений входных данных системы с учетом распределения входных данных и их связи с выходными данными. Анализ может быть использован для модели, определяющей взаимосвязь входных и выходных данных. Входные данные могут быть описаны как случайные величины соответствующими распределениями и присущей им неопределенностью. Для оценки риска обычно используют треугольные распределения или бета-распределения
Байесовский анализ	Статистическая процедура, использующая для оценки вероятности результатов априорное распределение данных. Точность результатов Байесовского анализа зависит от точности априорного распределения. Байесовская сеть моделирует причинно-следственные связи на основе анализа вероятностных соотношений входных данных и результатов

Принято считать, что именно Байесовский анализ, который позволяет определить вероятность того, что событие произошло при наличии лишь косвенных тому подтверждений, которые могут быть неточны, чрезвычайно подходит к изменчивой природе экологических рисков. Также преимуществом данного метода является возможность использования байесовских сетей (БС).

БС представляют собой графовые модели вероятностных и причинно-следственных отношений между переменными в статистическом информационном моделировании. В БС могут сочетаться эмпирические частоты появления различных значений переменных, субъективные оценки «ожиданий» и теоретические представления о математических вероятностях тех или иных следствий из априорной информации. Это

является важным практическим преимуществом и отличает байесовские сети от других методик оценки риска.

В качестве примера был взят процесс разработки проектов нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ). Был проведен анализ того, как данный проект может повлиять на окружающую среду.

Для построения и расчетов была использована программа Hugin Lite 8.5. Hugin является программной реализацией системы принятия решений на основе байесовских сетей доверия.

Построим БС, характеризующую влияние проекта ПДВ на окружающую среду (рис. 1). Название вершины: ущерб окружающей среде. Данная вершина имеет два состояния: значительный и незначительный (ущерб). Для остальных вершин также были установлены свои состояния.

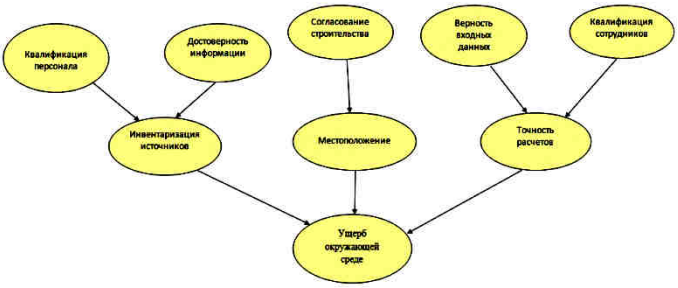


Рис. 1. Оценка влияния проекта ПДВ на управление качеством и безопасностью окружающей среды в формате Байесовской сети

После задания таблиц условных вероятностей для всех вершин БС, окно отображения сети выглядит так, как показано на рис. 2.

ush_okr_sr

invent_ist	polnay				nepolnay			
toch_rasch	korr		nekorr		korr		nekorr	
mestopol	korr	nekorr	korr	nekorr	korr	nekorr	korr	nekorr
neznach	0.98	0.4	0.45	0.8	0.45	0.3	0.2	0.1
znach	0.02	0.6	0.55	0.2	0.55	0.7	0.8	0.9

Рис. 2. Таблица условных вероятностей вершины «Ущерб окружающей среде»

Далее система была переведена в режим вычислений (рис. 3). Вероятность того, что ущерб окружающей среде будет значительным при учете причинно-следственных связей, отмеченных в БС, составляет 0,32.

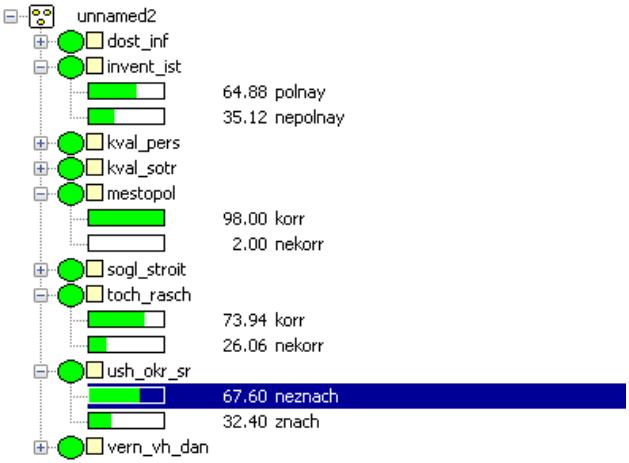


Рис. 3. Алгоритм вычисления

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности применения статистических методов в отношении оценки экологических рисков. Модель, построенная в виде Байесовской сети доверия – динамична, она легко подстраивается под полученные свидетельства. Это позволяет вносить в систему данные, полученные на каждом этапе выполнения проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: Стандартинформ. 2015. 26 с.

2. ГОСТ Р ИСО 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска [Текст]. Введ. 2012-12-01. М.: Стандартинформ. 2012. 74 с.

УДК 005.932:621.43

ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОСТАВЩИКАМИ НА ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ» (ЯМЗ)

Е.А. Бородулина, В.В. Кочерова

Научный руководитель – В.В. Кочерова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены методы и формы взаимодействия с поставщиками сырья, материалов и полуфабрикатов на ПАО «Автодизель» (ЯМЗ).

Ключевые слова: *поставщик, взаимодействие с поставщиками, метод, отбор поставщиков, закупки, SRM-система.*

CONDITIONS IMPROVE INTERACTION WITH SUPPLIERS ON PAO «AUTODIESEL» (YAMZ)

E.A. Borodulina, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – V.V. Kocherova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the methods and forms of interaction with suppliers of raw materials and semi-finished products at PAO «Avtodizel» (YAMZ).

Keywords: *supplier, supplier interaction, method, supplier selection, procurement, SRM system.*

Одним из принципов управления качеством является ориентация в деятельности организации на взаимовыгодные партнерские отношения с поставщиками, поддержание которых все больше осознается как важнейший фактор сохранения конкурентных преимуществ.

Деятельность по организации и управлению закупками направлена на то, чтобы компания получила необходимые по качеству и количеству сырье, материалы, товары и услуги в нужное время, в нужном месте, от надежного поставщика, своевременно выполняющего свои обязательства, с хорошим сервисом и по выгодной цене. Осуществление закупок (снабжения) – одна из важнейших функций в каждой организации.

Поэтому данная тема статьи актуальна в настоящее время, так как осуществление закупок является первоначальным звеном большинства организаций, а от эффективности его функционирования зависят показатели всей производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

При написании статьи были использованы стандарты предприятия и руководства ПАО «Автодизель» (ЯМЗ), а также труды В.Дж. Стивенсона, в области управление производством, Н.П. Щербакова, Штефана М. Вагнера, В.И. Сергеева и И. Эльяшевича, в области управления взаимоотношениями с поставщиками.

Поставщики – это деловые фирмы и отдельные лица, обеспечивающие компанию и ее конкурентов материальными ресурсами, необходимыми для производства конкретных товаров или услуг. В настоящее время существует большое количество классификаций поставщиков по различным критериям.

Взгляд на поставщиков как на партнеров подчеркивает стабильные отношения с относительно небольшим числом надежных поставщиков, которые обеспечивают высокое качество и соблюдают точные графики поставок, сохраняют гибкость в вопросах изменения производственных спецификаций и графиков. В.Дж. Стивенсон выделил девять областей, в которых потенциальные идеи поставщиков могут привести к росту конкурентоспособности организации [1].

Согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» организация должна обеспечивать соответствие приобретаемой продукции установленным требованиям к закупкам. Управление взаимоотношениями с поставщиками должно зависеть от степени воздействия закупаемой продукции на все последующие стадии жизненного цикла или готовую продукцию.

Методы и формы взаимодействия с поставщиком зависят: от его позиции в конкурентной среде; результатов его деятельности, проявляющихся в качестве поставляемой им продукции; базовых ресурсов, которыми располагает поставщик для производства такой продукции [2].

В целом можно выделить четыре основные формы взаимодействия с поставщиками в зависимости от названных факторов:

1) организационно-экономическую;
2) финансово-экономическую;
3) социально-психологическую;
4) юридическую.

ПАО «Автодизель» (ЯМЗ – Ярославский моторный завод) – одно из ведущих предприятий России по разработке конструкций, доводке и производству дизельных двигателей многоцелевого назначения, сцеплений, коробок передач, запасных частей, а также стационарных агрегатов на базе двигателей марки ЯМЗ. Деятельность ПАО «Автодизель» серти-

фицирована на соответствие системы менеджмента качества в отношении проектирования, разработки, производства, продажи, поставки, гарантийного и послегарантийного сервиса выпускаемой продукции.

Система менеджмента ПАО «Автодизель» соответствует требованиям стандарта ISO 9001, которая ежегодного подтверждается Ассоциацией по сертификации «Русский Регистр» (г. С.-Петербург), стандарта ISO TS 16949. В 2013 году предприятие успешно прошло сертификационный аудит у органа по сертификации DQS (Германия) [3].

Сведения обо всех внешних поставщиках ПАО «Автодизель» хранятся архивом в кабинете начальника отдела входного контроля, отсортированные в алфавитном порядке по названию фирмы. В каждой из архивных папок содержится документация о поставляемом сырье, выписки об отклоненных и принятых партиях, а также хронология взаимодействия предприятий через эти выписки с указанием ухудшения или улучшения поставляемого сырья во времени. Таким образом, ведется статистика и наблюдение за внешними поставщиками.

Отбор поставщиков на ПАО «Автодизель» (ЯМЗ) осуществляется в соответствии с СТО 04.03 «Выбор поставщиков продукции для нужд основного производства ПАО «Автодизель» (ЯМЗ). Выбор поставщиков происходит путем тендерных процедур, которые представляют собой конкурентную форму отбора предложений на поставку товаров, оказание услуг или выполнение работ по заранее объявленным в документации условиям, в оговоренные сроки на принципах состязательности, справедливости и эффективности. Помимо данного метода выбора поставщиков, который применяется на ПАО «Автодизель» (ЯМЗ), существуют еще и другие методы:

1) изучение рекламных материалов: фирменных каталогов, объявлений в средствах массовой информации и т.п.;

2) посещение выставок и ярмарок;

3) переписка и личные контакты с возможными поставщиками.

Надзор за соблюдением качества закупаемой продукции регламентируется стандартом предприятия СТО 12.04-09 «Контроль качества закупаемой продукции для нужд основного производства ПАО «Автодизель» (ЯМЗ)». Стандартом устанавливаются требования, положения, характер выполнения и ответственные лица по контролю качества закупаемой продукции.

На ПАО «Автодизель» (ЯМЗ)» необходима единая система хранения сведений о поставщиках, так как большая часть информации о них содержится в письменном виде. Это в свою очередь усложняет процесс анализа, оценки и ранжирования поставщиков.

Для совершенствования взаимодействия с поставщиками сырья, материалов и полуфабрикатов возможно применение различных инструментов, которые могут решить данную проблему. Одним из таких инструментов является SRM-система. SRM-система представляет собой программу действий, которая разработана совместно поставщиком и потребителем его материальных ресурсов, а также управление в глобальном масштабе ресурсами поставщика с использованием информационных систем и технологий [4].

SRM-система поможет предприятию решить задачи стратегического выбора поставщиков, выбор новых видов разрабатываемой продукции из возможных альтернатив, реализацию всего цикла закупок, включая электронную торговую площадку, а также оперативный мониторинг и оценку деятельности поставщиков.

Все успешные компании планируют долгосрочные отношения со своими поставщиками, выстраивая мост между своей организацией и продавцом внешних ресурсов. SRM в этом плане представляет собой управление ресурсами поставщика в глобальном масштабе, используя продвинутые инструменты и информационные технологии.

Таким образом, проблема выбора поставщика состоит не только в том, что на современном рынке имеется большое количество поставщиков одинаковых материальных ресурсов, но в том, чтобы выбрать поставщика, отвечающего долгосрочным интересам предприятия и организовать взаимовыгодное долгосрочное сотрудничество.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Стивенсон В.Дж.* Управление производством [Текст] / В.Дж. Стивенсон; пер. с англ. М.: БИНОМ: Лаборатория базовых знаний, 2002. 928 с.
2. *Щербаков Н.А.* Система улучшения цепочки поставок [Текст] / Н.А. Щербаков // Методы менеджмента качества. 2002. № 9. С. 30–35.
3. *Вагнер Штефан М.* Управление поставщиками [Текст] / Штефан М. Вагнер. М., 2006. 127 с.
4. *Сергеев В.И.* Управление взаимоотношениями с поставщиками [Текст] / В.И. Сергеев, И.П. Эльяшевич // Логистика и управление цепями поставок. 2012. № 3. С. 28–33.

УДК 65.011:67.05

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ СТАНДАРТА IATF 16949:2016 В ОТНОШЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.А. Брехова

Научный руководитель – А.Ю. Панов, д-р техн. наук, профессор

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проанализированы требования стандарта IATF 16949:2016 в отношении технологического оборудования; рассмотрены этапы реализации данных требований в деятельности предприятий автомобильной промышленности.

***Ключевые слова**: IATF 16949:2016, контроль качества, оборудование, автомобильная промышленность.*

ANALYSIS OF THE REQUIREMENTS OF THE STANDARD IATF 16949:2016 IN RESPECT OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

A.A. Brekhova

Scientific Supervisor – A.Yu. Panov, Doctor of Technical Sciences, Professor

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev

The requirements of the standard IATF 16949:2016 for process equipment are analyzed; the stages of the implementation of these requirements in the activities of enterprises of the automotive industry are considered.

***Keywords**: IATF 16949:2016, quality control, equipment, automotive industry.*

На сегодняшний день по-прежнему актуальной остается стратегия развития потенциала отечественных предприятий и организаций по производству конкурентоспособных импортозамещающих товаров и услуг, их применения в различных отраслях российской экономики и продвижения на международный рынок. Импортозамещающие проекты – это одно из самых перспективных направлений развития промышленности, в том числе в такой значимой отрасли, как автомобилестроение [1].

Автопром является одним из «локомотивов» экономики, который по итогам 2017 года стал чемпионом среди других отраслей: за 11 месяцев рынок вырос на 12 %, а производство – на 21 % [2]. В автомобильной промышленности все чаще используются инновационные процессы, направленные на повышение конкурентоспособности и качества выпускаемой продукции [3].

Для того чтобы и дальше следовать заданной стратегии развития, в работе предприятий данной отрасли необходимо обеспечивать выполнение требований международного стандарта IATF 16949:2016 «Фундаментальные требования к системе менеджмента качества для производств автомобильной промышленности и организаций, производящих соответствующие сервисные части», введенного в действие с 1 октября 2016 года.

Данный стандарт, как и предыдущая его версия, определяет фундаментальные требования к системе менеджмента качества (СМК), дополняя положения стандарта ISO 9001:2015 с учетом специфических требований потребителей в данной отрасли.

Одним из таких требований неизменно остается определение, создание и поддержание организацией инфраструктуры, необходимой для функционирования ее процессов с целью достижения соответствия продукции и услуг. В частности это положение распространяется на оборудование, включая технические и программные средства, без которого не может быть организована деятельность ни одного современного промышленного предприятия [4].

При этом необходимым условием для обеспечения стабильной работы является мониторинг состояния оборудования, который должен осуществляться на всех этапах производственного процесса.

Так, согласно IATF 16949:2016 сведения об оборудовании для производства и управления, включая исследования возможностей оборудования и процессов, должны быть задокументированы организацией на этапе проектирования процесса изготовления. То есть ещё в ходе подготовки производства должно оцениваться техническое оснащение предприятия-производителя для анализа возможности выполнения требований, предъявляемых к продукции на выходе. Только после этого может быть дана адекватная оценка технической возможности осуществления того или иного проекта.

Кроме того, в процессе изготовления в соответствии с требованием к мониторингу и измерениям все значительные события, в частности ремонт оборудования, также должны фиксироваться в записях и сохраняться как документированная информация. Это является обязательным условием для обеспечения возможности восстановления и последующего анализа информации о функционировании оборудования (возникающих неисправностях и т. п.) и корректирующих действиях, предпринятых в каждом конкретном случае.

Обеспечение необходимой инфраструктуры, в частности наличия необходимого оборудования и поддержание его стабильной работы

(IATF 16949:2016: п. 7.1.3 Инфраструктура)

Оценка возможностей оборудования обеспечивать выполнение заявленных требований (по каждому из проектов), осуществляемая на этапе подготовки производства

(IATF 16949:2016: п. 8.3.5.2 Выходные данные проектирования процесса изготовления)

Контроль состояния оборудования в процессе работы и регистрация результатов контроля, в том числе сведений о возникающих неисправностях и проведенных ремонтных работах

(IATF 16949:2016: п. 9.1.1.1 Мониторинг и измерение процессов изготовления)

Оценка рисков для оборудования, существенных для поддержания выхода производства и обеспечения выполнения требований потребителя

(IATF 16949:2016: п. 6.1 Действия в отношении рисков и возможностей)

Анализ данных, собранных в ходе мониторинга работы технологического оборудования, разработка необходимых предупреждающих действий и документированного процесса по обеспечению защиты от ошибок в процессе дальнейшей эксплуатации.

(IATF 16949:2016: п. 10.2.4 Защита от ошибок)

Рис. 1. Основные требования к управлению оборудованием на предприятиях автомобильной промышленности в соответствии с требованиями отраслевого стандарта IATF 16949:2016

На практике часто приходится сталкиваться с тем, что на предприятиях не ведется системной работы в отношении сбора информации о техническом состоянии оборудования: не регистрируются продолжительность и причины простоев, не ведется документирование сведений о произведенных работах при проведении технического обслуживания и ремонта. А без этих данных невозможна разработка эффективных мер для устранения причин потенциальных несоответствий и предупреждения возникновения подобных сбоев в дальнейшей работе.

Поэтому одним из основных требований обновленного стандарта IATF 16949:2016 является идентификация и оценка внутренних и внешних рисков для всех процессов изготовления, а также для используемого оборудования, которые могут оказать существенное влияние на производительность, качество выпускаемой продукции и обеспечение выполнения требований потребителя.

С целью так называемой защиты от ошибок должен быть разработан определенный документированный процесс, регламентирующий действия в случае возникновения того или иного отказа. Подробности используемого метода должны документироваться в анализе риска для процесса (PFMEA), а частота испытаний – в плане управления. При этом в последнем должен быть предусмотрен план реагирования для обеспечения стабильности и требуемых статистических возможностей процесса [4].

В общем виде требования стандарта IATF 16949:2016 в отношении технологического оборудования приведены на рис. 1.

Реализация этих требований дает возможность производителям транспортных средств и входящих в их состав автомобильных компонентов оптимизировать свою деятельность и минимизировать финансовые потери, что должно стать основой для их успешного развития, повышения престижа отечественного автомобилестроения и выхода на новые, в том числе международные рынки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная специализированная выставка «Импортозамещение» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.imzam-expo.ru/import/exhibition/. Дата обращения: 27.02.2018.

2. Минпромторг России. Денис Мантуров: санкции дали нашей промышленности только плюс [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/#!denis_manturov_sankcii_dali_nashey_promyshlennosti_tolko_plyus. Дата обращения: 27.02.2018.

3. *Сатаева Д.М.* Автопром: подготовка специалистов нового уровня [Текст] / Д.М. Сатаева, А.А. Брехова, Ю.С. Павлов // Стандарты и качество. 2016. № 11. С. 34–38.

4. IATF 16949:2016 (R) Требования к системе менеджмента качества для производств автомобильной промышленности и организаций, производящих соответствующие сервисные части [Электронный ресурс]. Эл. текстовые данные (9 Мб). Для учебных целей.

УДК 005.6:629.7.067

ОБОСНОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТОВ «АЭРОНАВИГАЦИЯ СЕВЕРНОГО УРАЛА» ФГУП «ГОСКОРПОРАЦИЯ ПО ОРВД»

А.С. Волков, А.А. Абрамов, С.А. Царева

Научный руководитель – В.А. Голкина, канд. техн. наук

Ярославский государственный технический университет

Показаны основные направления деятельности ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», причины авиационных событий и происшествий. Приводится сравнительная характеристика ключевых документов предприятия, с целью повышения безопасности полетов.

Ключевые слова: *аэронавигационное обслуживание, управление рисками, безопасность полетов, система менеджмента качества, воздушное движение, система управления безопасностью полетов.*

THE RATIONALE OF THE INTEGRATION OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AND THE FLIGHT SAFETY MANAGEMENT SYSTEM «AIR NAVIGATION NORTH URALS» FEDERAL STATE UNITARY ENTERPRISE «STATE ATM CORPORATION»

A.S. Volkov, A.A. Abramov, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – V.A. Golkina, Candidate of Technical Sciences

Yaroslavl State Technical University

We discuss the activities of the Federal state unitary enterprise «State Corporation of air traffic management the main activities», causes of aviation events and accidents. Flight safety is the highest priority of the organization. Two basic documents of the organization are compared, in order to improve flight safety.

Keywords: *air navigation services, risk management, safety, quality Management System, air traffic, flight safety, management system.*

Безопасность полетов является наивысшим приоритетом деятельности организации, за пятнадцатилетний период с 2001 по 2016 в среднем

в мире происходит около 30 авиакатастроф со смертельными исходами, за год в среднем погибало от 700 до 800 человек в мире. Поэтому актуальными задачами, стоящими перед предприятиями и организациями, участвующими в организации воздушного движения, является повышение уровня безопасности полетов за счет минимизации рисков и использования инструментов в области качества в рамках системы управления безопасностью полетов [1].

Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственная корпорация по организации воздушного движения в Российской Федерации» (далее − Госкорпорация по ОрВД) – организация, предоставляющая аэронавигационные услуги в России [1]. Выделим основные причины авиационных событий и происшествий, связанные с производственной деятельностью служб обеспечения безопасности полетов Госкорпорации по ОрВД (таблица 1).

Таблица 1. Основные причины авиационных событий и происшествий производственной деятельности служб предприятия за 2016 год

Причины авиационных событий и происшествий производственной деятельности	%, от общего количества причин
Отказы и аварии технического оборудования	50%
Нарушение должностных инструкций и регламентов	25%
Нарушение организации движения спецтранспорта	11%
Недостаточный контроль за персоналом	8%
Недостаточность опыта/знаний персонала	4%
Прочие нарушения	2%

Организация, предоставляющая аэронавигационные услуги в России – успешно прошла сертификационный аудит, подтвердивший соответствие системы менеджмента качества предприятия требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001:2015. Цель системы менеджмента качества – результат, который должен быть достигнут и улучшение показателей по качеству [2]. Основополагающим документом по безопасности является система управления безопасностью полетов. Цель системы управления безопасности полетов – управление эксплуатационными рисками и улучшение показателей безопасности полетов [3].

В системах СУБП и СМК основным объектом управления является процесс организации воздушного движения, поэтому представляется возможность интеграции целей СУБП и СМК в единую систему, а также внедрение новых методов по управлению рисками в систему управления

безопасностью полетов. Согласно ГОСТ Р ИСО 31000-2010 процесс управления рисками должен быть неотъемлемой частью управления и культуры организации, а также адаптирован под все бизнес-процессы организации. В таблице 2 отражено сравнение системы менеджмента качества и системы управления безопасностью полетов.

Таблица 2. Сравнительная характеристика системы менеджмента качества и системы управления безопасностью полетов

Объекты управления	Название системы	
	Система менеджмента качества	Система управления безопасностью полетов
Аспект	Качество	Безопасность полетов
Цель	Способность поставлять продукцию, отвечающую требованиям потребителей, повышение удовлетворенности потребителей	Обеспечение безопасности полетов
Применение риск-ориентированного подхода	Риск – ориентированное мышление, риски всех процессов	Выявление опасных факторов и контроль факторов риска с использованием риск-ориентированного подхода
Культура и ценности	Культура качества	Культура безопасности полетов
Критерий управления	Соответствие требованиям	Приемлемый уровень эффективности обеспечения безопасности полетов
Методы управления	Статистические методы управления качеством, стандартизация	Двухфакторная модель
Характеристики управления	Реагирующий>Проактивный	Проактивный>Прогностический

Система управления безопасностью полетов отличается от системы менеджмент качества тем, что в СУБП акцент на безопасность, человеческий и организационный аспекты организации (т.е. обеспечение безопасности); в то время как в СМК акцент на продукцию и услуги организации (т.е. качественное обслуживание потребителя). Таким

образом, считается возможным использовать инструменты в области качества в рамках СУБП.

Интеграция СУБП и СМК позволит усилить синергетический эффект согласованности действий внутри предприятия по контролю причин риска, включающего в себя три основных элемента: выявление опасных причин, оценку риска и уменьшение риска. Данный контроль предусматривает проведение анализа, устранение или снижение до приемлемого уровня тех опасных факторов, которые угрожают жизнеспособности предприятия. Целесообразность интеграции СУБП и СМК имеет ряд преимуществ, например:

– произойдет расширение «географии» системного менеджмента авиапредприятия, повышая степень его упорядоченности;

– соблюдение правил единой системы гораздо проще, чем-то же для нескольких параллельных систем;

– объем документирования станет значительно меньше, чем суммарный объем документирования в нескольких системах;

– будет достигнут более высокий уровень степени вовлеченности персонала в улучшение деятельности всего предприятия;

– произойдет повышение корпоративной культуры предприятия, что должно благоприятно сказаться на качестве работы и повышении безопасности полетов;

Для эффективного управления безопасностью полетов необходим системный подход к разработке политики, процедур и практики в области обеспечения безопасности полетов, позволяющий предприятию достичь своих целей в этой сфере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт ФГУП Аэронавигация Северного Урала [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.su.gkovd.ru. Дата обращения: 15.02.2018.

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. 79 с.

3. Руководство по системе управления безопасностью полетов при аэронавигационном обслуживании. Редакция вторая [Текст]. Введ. 2014-12-01. М.: ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», 2014. 105 с.

УДК 331.108.26

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ В ООО «ТЭК»

К.А. Гапоник, А.С. Ермишин

Научный руководитель – А.С. Ермишин, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются основные проблемы управления персоналом в ООО «ТЭК», были разработаны и предложены мероприятия по совершенствованию системы управления персоналом в организации.

Ключевые слова: *аутсорсинговая компания, система управления персоналом, совершенствование, процедура выявления талантов (TIP), матрица результатов оценки сотрудников.*

IMPROVEMENT OF THE PERSONNEL MANAGEMENT SYSTEM IN OOO «TEK»

K.A. Gaponik, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – A.S. Ermishin, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the main problems of personnel management in the company «TEK», were developed and proposed measures to improve the personnel management system in the organization.

Keywords: *outsourcing company, personnel management system, improvement, talent identification procedure (TIP), employee evaluation results matrix.*

Эффективность управления организацией зависит от множества внутренних и внешних параметров, при этом одним из определяющих и направляющих факторов выступает персонал. Процесс управления человеческими ресурсами в организации, реализуемый через мотивационные функции, включающие использование инструментов, побуждающих к эффективной трудовой деятельности, приобретает все большее значение. В процессе управления человеческими ресурсами персонал нужно рассматривать не как издержки, а как активы компании, которые в перспективе функционирования организации позволят увеличить уровень ее доходности и конкурентоспособности [1].

ООО «ТЭК» является ярославским филиалом московской аутсорсинговой компании. Компания предоставляет полный спектр услуг по сопровождению деятельности интернет-торговли по средством web-разработки, фулфилмента, call-центра и логистики.

На данный момент клиентами компании являются 92 интернет-магазина. Заключены контракты с лидирующими транспортными компаниями в стране, что позволяет быстро и оперативно доставлять груз по всей территории РФ и вести сотрудничество с другими компаниями, независимо от региона их нахождения.

В рамках исследования в компании было проведено анкетирование, целью которого было узнать отношение сотрудников к реформированию системы управления персоналом. Большинство опрошенных показало положительное отношение к реформированию системы управления персоналом, в связи с чем было принято решение разработать комплекс мероприятий по реформированию системы управления персоналом в ООО «ТЭК».

В результате анализа системы управления персоналом в ООО «ТЭК» было выявлены следующие проблемы:

– снижение общей численности работников за анализируемый период свидетельствует о снижении опытного кадрового потенциала в компании;

– неполная укомплектованность кадрами;

– высокая текучесть кадров в компании, основными причинами текучести кадров являются: неудовлетворенность условиями труда, характером работы, уровнем заработной платы, климатом внутри коллектива, перемена места жительства и прочие;

– недостаточная укомплектованность кадровым резервом.

Совершенствование качества управления персоналом должно основываться, как минимум, на 5 из 7 принципов менеджмента качества, согласно ГОСТ Р ИСО 9001-2015, применимых к управлению человеческими ресурсами, а именно:

– лидерство;

– взаимодействие людей;

– процессный подход;

– улучшение;

– принятие решений, основанных на свидетельствах [2].

Анализ кадровой политики и осуществления кадровых функций деятельности ООО «ТЭК», проведенный в рамках исследований, позволил дать рекомендации по совершенствованию и повышению уровня эффективности системы управления персоналом на основе методов, характеризующих формирование системы управления персоналом и методов

определения направления дальнейшего развития системы, согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 10015-2007 и ГОСТ Р ИСО 10018-2014 [3, 4].

Для совершенствования мониторинга персонала в компании предлагается внедрить оценку персонала с помощью процесса выявления талантов (TIP). TIP – необходимо осуществлять как ежегодную процедуру оценки талантов в компании. Цель оценки персонала по методике TIP заключается в оценке потенциала сотрудника для компании. Для этого должно быть сформировано «Портфолио сотрудников», которое будет содержать результаты оценки их деятельности и потенциала. В случае если сотрудник имеет потенциал для принятия большей ответственности, то должно осуществляться управление его талантами. При этом должны быть выделены категории сотрудников, которые имеют потенциал для принятия большей ответственности и высокий потенциал для принятия большей ответственности. Такие сотрудники должны быть зачислены в кадровый резерв компании. Схема выявления вида потенциала сотрудника для компании приведена на рис. 1.

Рис. 1. TIP-процедура оценки талантов

Для оценки работы сотрудников предлагается использовать следующие критерии.

– добросовестность;
– оценка достижений;
– оценка совместной работы сотрудника;
– оценка новаторства сотрудника;
– оценка толерантности сотрудника;
– оценка ориентированности сотрудника на внешних клиентов.

Каждый из названных критериев оценивается по 4-х балльной шкале: 4 балла – отлично; 3 балла – хорошо; 2 балла – удовлетворитель-

но; 1 балл – неудовлетворительно [5]. Процесс оценки сотрудника компании имеет следующие этапы:

1) самооценка сотрудника, то есть сотрудник оценивает себе сам по описанным выше критериям;

2) предварительная оценка сотрудника руководителем;

3) директор по персоналу анализирует и согласовывает полученные результаты;

4) проводится обсуждение полученных результатов с сотрудником и его руководителем;

5) руководителем вносятся дополнения в оценочную форму;

6) руководитель отдела персонала подводит итоги проведенной оценки и завершает заполнение оценочной формы и подписывает оценочную форму сотрудника. Предлагаемая матрица результатов оценки сотрудников предприятия приведена на рис. 2.

Стили поведения	Превосходят ожидания	Превосходные результаты, требуется улучшение поведения (2 балла)	Успешное выполнение с превосходными результатами (3 балла)	Превосходное выполнение с точки зрения результатов и поведения (4 балла)
	Полностью соответствуют ожиданиям	Хорошие результаты, требуется улучшение поведения (2 балла)	Успешное выполнение (3 балла)	Успешное выполнение с превосходным поведением (3 балла)
	Частично соответствуют ожиданиями	Неудовлетворительные результаты (1 балл)	Хорошее поведение, требуется улучшение результатов (2 балла)	Превосходное поведение, требуется улучшение результатов (2 балла)
		Требуется улучшение	Хорошо	Отлично

Результаты

Рис. 2. Матрица «Результаты – стили поведения»

На основе матрицы «Результаты – стили поведения» перспективы работы сотрудника на данной должности оцениваются следующим образом:

4 балла – 10–15%;

3 балла – 65–70%;

2 балла – 10–15%;

1 балл – 0–5%.

Для самооценки сотрудников необходимо, чтобы с помощью специально разработанной программы, сотрудник заполнял последовательно предложенные формы и сформировал план своего личного развития [1].

При этом оценка результативности деятельности сотрудника может осуществляться руководителем с учетом критериев эффективности

(KPI). KPI должно стать частью корпоративной культуры, они должны быть у всех сотрудников и должны постоянно измеряться.

В результате исследований были сформулированы следующие предложения для ООО «ТЭК»:

– создать целостную систему подготовки, переподготовки и повышения квалификации работников, в основу которой будет положено непрерывное обучение персонала, согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 10015-2007;

– улучшить осуществление кадровых функций в системе управления персоналом можно на основе предложенных рекомендаций по усилению кадровой политики, установлению постоянной обратной связи руководства с системой управления персоналом, использованию современных средств обучения персонала, развития персонала и подготовки резерва на основе новых технологий оценки потенциала работника, согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 10018-2014;

– использовать критерии оценки деятельности персонала: по уровню добросовестности, толерантности, новаторства, склонности к совместной работе, стремления к достижениям и ориентации на клиента, по которым можно делать заключение об эффективности работы отдельных работников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Комисарова Т.А.* Управление человеческими ресурсами [Текст] / Т.А. Комисарова. М.: Изд. «ДЕЛО», 2008. 312 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. 24 с.
3. ГОСТ Р ИСО 10015-2007 Менеджмент организации. Руководящие указания по обучению [Текст]. Введ. 2008-06-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2008. 15 с.
4. ГОСТ Р ИСО 10018-2014 Менеджмент качества. Руководящие указания по вовлечению работников и их компетентности [Текст]. Введ. 2015-03-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. 24 с.
5. *Колесникова О.А.* Управление трудовыми ресурсами [Текст]: учебное пособие / О.А. Колесникова, А.М. Донецкий. Воронеж, 2010. 128 с.

УДК 005:378

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ ISO 9001:2015 КАК ОСНОВА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

А.А. Гребенщикова

Научный руководитель – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются системы управления высшими учебными заведениями, концепция TQM, основные элементы внедрения (адаптации) системы менеджмента качества вуза к требованиям ISO 9001:2015.

Ключевые слова: *высшее учебное заведение, принципы TQM, ISO 9001:2015.*

INTERNATIONAL STANDARD ISO 9001: 2015 AS THE BASIS OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

A.A. Grebenshchikova

Scientific Supervisor – S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the management systems of higher education institutions, the concept of TQM, the main elements of the introduction (or adaptation) of the quality management system of the university to the requirements of ISO 9001: 2015.

Keywords: *higher education institution, principles of TQM, ISO 9001:2015.*

Многообразие концепций и практических подходов к управлению высшим учебным заведением обуславливается различиями в организационных структурах и правовых основах систем высшего образования.

Важными является децентрализация и демократизация управления, расширение автономии высших учебных заведений (далее – вузов) с одновременным усилением их подотчетности и ответственности перед

обществом, движение в сторону развитых рыночных моделей организации, а также управления и финансирования высшего образования.

В ведущих развитых странах развивается понимание необходимости трансформации управления вузами, повышающей их приспособляемость к новым рыночным условиям, характеризующимся:

– ускоряющимся обновлением активно используемых знаний, требующим новых исследований и новых образовательных программ;

– потребностью в подготовке и переподготовке кадрового сопровождения новых технологий, способного работать в соревновательных условиях рыночной экономики;

– необходимостью стратегической ориентации вуза на задачи развития страны и региона, в котором находится вуз.

Приоритетным в развитии высшего образования в России является качество подготовки выпускников, потому что в постсоветский период значительно возросло как число вузов, так и число их филиалов, получила развитие система открытого высшего образования. Но при этом число высококвалифицированных преподавательских кадров росло незначительно.

Сейчас сектор негосударственного образования расширил возможности получения профессионального образования вне зависимости от уровня базовых знаний, интеллекта и наличия академических способностей. Последнее и обуславливает приоритетность проблемы качества подготовки специалистов как для работодателей, органов управления вуза образованием всех уровней, так и для самих вузов.

Одним из путей решения данной проблемы могут быть внутривузовские системы менеджмента качества (далее – СМК). Поэтому в некоторых вузах внедрена система управления вуза, в основу которой положена концепция TQM (Total Quality Management) – «Всеобщее управление качеством», реализуемая в соответствии со стандартами ISO 9000. Согласно основным положениям данной концепции, руководители вуза акцентируют свое внимание на координации и интеграции деятельности всех базовых элементов структуры вуза, осуществляют взаимодействие в управлении всеми подразделениями, предоставляя каждому сотруднику значительную самостоятельность, способствующую более высокому качеству труда [1].

Данная концепция управления имеет преимущества по сравнению с другими концепциями, потому что она направлена не только на достижение высокого качества подготовки специалистов, а более всего - на активизацию деятельности личности в процессе трудовой деятельности путем обращения к творческой сущности человека, к его потенциальным возможностям и личностным интересам.

Концепция TQM включает в себя необходимые элементы:

– политику в области качества;
– лидерство руководства;
– ориентацию всех целей, задач и действий на потребителя;
– ответственность всего персонала за качество;
– непрерывное улучшение качества всех процессов;
– систему контроля качества;
– методы обеспечения качества.

Следовательно, управление вузом на основе концепции TQM можно считать эффективным и оптимальным, так как будет обеспечено высокое качество обучения в сочетании с успешной экономической и социальной политикой вуза. Высокое качество образовательных услуг означает [2]:

– соответствие содержания основных профессиональных образовательных программ требованиям заказчиков и образовательным стандартам;
– высокая удовлетворенность заинтересованных сторон (работодателей, студентов преподавателей и др.) качеством образовательных услуг;
– положительное влияние на общество, повышение общей культуры и образованности его членов.

Управление качеством образования предполагает управление не только результатами, но и каждым этапом образовательного процесса.

Сертифицированная СМК является гарантией качества образовательного процесса для существующих и потенциальных потребителей, основой конкурентного преимущества вуза.

Одна из возможных проблем, с которой столкнутся образовательные организации при адаптации существующей СМК к новым требованиям стандарта ISO 9001:2015, – это осознание того, что систему менеджмента качества нельзя сводить к набору правил, программ, процедур, являющихся лишь средствами управления, инструментарием.

Эта ошибка была заложена в более ранних версиях стандарта устанавливающих в качестве главного инструментария документированную систему. К сожалению, данная ошибка породила ситуации, когда в вузы был внедрен стандарт (создан массив невостребованных документов), а не СМК. Правила, программы, процедуры не определяют суть системы менеджмента, и ими она не ограничивается [3].

Преимущество в документированном инструментарии, требуемом в более ранних версиях стандарта, заключается в том, что вузы научились работать с ними и создавать их.

В соответствии с новыми требованиями стандарта обязательными документами для разработки организацией остаются только политика и

цели в области качества [4]. Требования к остальным документам (документированной информации) можно найти в тексте самого стандарта.

Решение о разработке или дальнейшем поддержании в актуальном состоянии руководства по качеству и шести обязательных документированных процедур должна принять сама организация.

Требования новой версии стандарта ISO 9001 подводят нас к выводу, что в вузе пересечение размеров области применения системы управления, системы управления качеством и внедренной по ISO 9001 СМК должно быть 100 %.

Таким образом, при адаптации системы менеджмента качества вуза к новой версии стандартов ISO серии 9000 необходимо:

– понимать для чего разрабатывается тот или иной документ;

– выделять и анализировать среду вуза, определив влияющие на нее внешние и внутренние факторы;

– пересмотреть систему взаимоотношений между руководством и персоналом (в новой системе объект управления (персонал) постепенно будет преобразовываться в субъект, принимающий управленческие решения);

– довести размеры области применения системы управления, СМК по ISO 9001 до 100 %;

– пересмотреть степень идентификации всех процессов вуза;

– обучить аудиторов применять в работе требования ISO 9001:2015.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Журко В.И.* Оптимизация управления вуза образованием [Текст] / В.И. Журко // Высшее образование в России, 2006. № 12. С. 155–156.

2. *Соколовская М.В.* Роль системы менеджмента качества в образовательном процессе вуза [Текст] / М.В. Соколовская, Р.Г. Буянкина // Сибирское медицинское обозрение, 2016. № 4. С. 100–106.

3. *Иткин Б.А.* Стандарт ISO 9001: на пути от регулирования к менеджменту [Текст] / Б.А. Иткин // Методы менеджмента качества, 2016. № 4. С. 40–45.

4. *Астон Б.* Сохраняйте спокойствие и подготовьтесь к работе по стандарту ISO 9001:2015 [Текст] / Б. Астон, С.Л.К. Бригс, Ч.А. Сианфриани // Методы менеджмента качества, 2016. № 1. С. 22–30.

УДК 615.07

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВАЛИДАЦИИ В РАМКАХ ТРЕБОВАНИЙ GMP С УЧЕТОМ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Г.А. Дитковский, С.А. Царева

Научный руководитель – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье обобщены аналитические материалы по управлению рисками для обеспечения валидации по требованиям GMP в условиях Ярославского фармацевтического кластера.

Ключевые слова: *Правила надлежащей производственной практики (GMP), валидация требований, оценка рисков.*

PROVISION OF VALIDATION WITHIN THE FRAMEWORK OF GMP REQUIREMENTS WITH THE ACCOUNT OF THE RISK-ORIENTED APPROACH

G.A. Ditkovsky, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article summarizes analytical materials on risk management to ensure validation of GMP requirements in the conditions of the Yaroslavl Pharmaceutical Cluster.

Keywords: *Good Manufacturing Practices (GMP), requirements validation, risk assessment.*

Ярославский фармацевтический кластер развивается с 2009 года, являясь приоритетным направлением развития экономики и одним из самых успешных бизнес-проектов региона. Наиболее динамично развивающие производственные резиденты кластера: АО «Р-Фарм»; АО «Фармославль»; АО ПЦ «ЭкоСтиль»; ООО «Тева»; ООО «Такеда Фармасьютикалс». На отмеченных производственных площадках активно внедряются и поддерживаются правила надлежащего производства и контроля качества. Правила надлежащего производства и контроля качества охватывают все стадии жизненного цикла продукции и управляет

ими, начиная со стадии фармацевтической разработки, клинических исследований, трансфер и масштабирование технологии, промышленное производство, реализация и прекращение производства лекарственных препаратов.

Одним из ключевых GMP принципов считается валидация, без которой невозможен коммерческий выпуск препарата. Валидации подвергаются процессы, методики, системы и оборудование, связанные с надлежащим производством лекарственных средств. Валидация − документально оформленные действия, дающие высокую степень уверенности в том, что методика, процесс, оборудование, материал, операция или система соответствуют заданным требованиям и их использование будет постоянно приводить к результатам, соответствующим заранее установленным критериям приемлемости [1]. Для валидации процессов, собственно, как и для проектов, характерно комбинировать и объединять усилия самых разнообразных специалистов, в отличие от большинства видов организационной работы, которая делится по принципу функциональной специализации.

Валидация технологических процессов представляет собой завершающий этап валидации, который проводится после выполнения всех стадий квалификации (проекта, монтажа, функционирования и эксплуатации инженерных сетей и систем, технологического оборудования, чистых помещений), валидации аналитических методик (рис.1). На рис. 1 показана V-модель реализации валидации.

Рис. 1. V-модель валидации

Отмеченная модель – это улучшенная версия классической каскадной модели. Здесь на каждом этапе происходит контроль текущего процесса, для того чтобы убедится в возможности перехода на следующий уровень. В этой модели тестирование начинается еще со стадии написания требований, причем для каждого последующего этапа предусмотрен свой уровень тестового покрытия [2]. В частности, график процесса валидации асептического розлива (Медиа Филл) регулируется валидационным мастер планом и его приложениями.

Основная цель Медиа Филл заключается в доказательстве отсутствия контаминации продукта в наполняемых ампулах в процессе розлива, также проверяется качество подготовки трубопроводов, соединений, шлангов, съемных частей линии асептического наполнения.

Перед началом валидации разрабатывается сценарий с перечнем вмешательств в процесс асептического розлива для каждого сотрудника, участвующего в процессе, также проведение квалификации персонала на выполнение процедуры переодевания в чистые помещения со взятием проб образцов с одежды, при успешном прохождении валидации сотрудникам дается допуск для выполнения соответствующих работ.

По выполнению работ по валидации составляется отчет содержащий заключение по итогам валидации, сведения по проведению повторной валидации, результаты микробиологических и прочих испытаний. При этом, проведение работ по валидации рассматривается как цикл ревалидаций (повторных валидаций), проводимых согласно валидационному мастер плану, (в том числе и при внесении значимых изменений в объект валидации) для поддержания валидированного статуса объекта, успешно прошедшего валидацию, в течение срока действия результатов данной валидации.

Условием при производстве лекарственного препарата является гарантия его безопасности и эффективности, соответствие технологического процесса, производственных помещений, оборудования, сырья и материалов при этом используемых, а также должная квалификация всего персонала, задействованного в GMP процессах [2]. Следует отметить, что риск- ориентированный подход является необходимым условием реализации надлежащей производственной практики [3]. В условиях производственных резидентов Ярославской области применяется электронная система управления качеством, в основе которой отражается риск-ориентированный подход (рис. 2) (от англ. Electronic Quality Management System; далее – EQMS), основывающаяся на регистрационном методе информации для ее дальнейшей комплексной обработки.

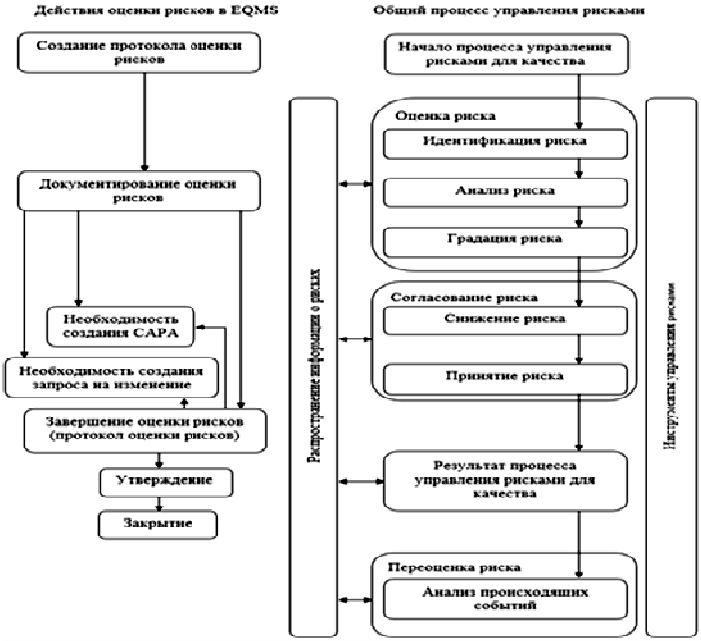


Рис. 2. Схема управления рисками при адаптации требований GMP

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила надлежащей производственной практики [Текст]. Утверждены приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 14 июня 2013 г. № 916.

2. *Подпружников Ю.В.* Хрестоматия фармацевтического качества [Текст] / Ю.В. Подпружников, А.А. Ишмухаметов, А.С. Немченко [и др.]. Под ред. А.А. Ишмухаметова. М.: РЕМЕДИУМ, 2015. 432 с.

3. *Дилай Н.В.* Управление рисками для качества по содержанию бактериальных эндотоксинов при производстве лекарственных средств для парентерального применения [Текст] / Н.В. Дилай, Т.Г. Калынюк // Вестник фармации, 2015. № 3 (69). С. 11–16.

УДК 005.584.1

АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК РАЗРАБОТКИ РЕГЛАМЕНТА ПОСТПРОДАЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ (НА ПРИМЕРЕ АН «МЕТРО»)

П.В. Ермолина, В.В. Кочерова

Научный руководитель – В.В. Кочерова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается необходимость разработки и внедрения регламента постпродажного облуживания клиентов в АН «Метро».

Ключевые слова: *удовлетворенность клиента, лояльность, регламент, агентство недвижимости.*

ANALYSIS OF THE PRECONDITIONS FOR DEVELOPMENT OF THE REGULATION OF SUPPLY SERVICE OF CLIENTS (ON THE EXAMPLE OF AN «METRO»)

P.V. Ermolina, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – V.V. Kocherova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article describes the need to develop and implement the rules for post-sale customer service in the «Metro» Academy.

Keywords: *customer satisfaction, loyalty, regulations, real estate agency.*

Эффективное управление взаимоотношениями с клиентами является одним из главных аспектов для успешного существования и дальнейшего развития современных компаний. Это обусловлено тем, что участвуя в конкурентной борьбе на рынке, требуется не только и привлечь новых потребителей, но и не потерять уже существующих клиентов. Результатом применения данной стратегии являются повышение уровня продаж, оптимизация маркетинга и улучшение обслуживания клиентов путём сохранения информации о клиентах и истории взаимоотношений с ними, установления и улучшения бизнес-процедур и последующего анализа результатов.

Одной из крупных компаний в городе Ярославле является агентство недвижимости «Метро», которая успешно работает в различных направлениях сферы недвижимости. Компания предоставляет услуги по покупке, продаже, обмену, ипотеке, материнскому капиталу, аренде, оформлению земельных участков, мониторингу и анализу рынка недвижимости [1]. На данный момент в агентстве нет регламента, направленного на привлечение новых клиентов, удержание существующих, противодействие усилиям конкурентов по переманиванию клиентов.

Лояльность клиентов важна и ей надо управлять. Однако под управлением лояльностью часто понимают только внедрение бонусных программ, мотивирующих клиентов совершать повторные покупки (экономическая лояльность). Повышению эмоциональной лояльности (насколько клиент предан бренду или компании) уделяется существенно меньше внимания. Это не правильно. Во-первых, если клиент покупает только из-за бонусов, а конкуренты предложили ему лучшие бонусы, он может перестать быть клиентом прежней компании. Во-вторых, управление экономической лояльностью без контроля эмоциональной лояльности – это управление вслепую, так как эмоциональная лояльность – это хороший индикатор качества работы персонала, результативности маркетинговых компаний, в том числе, бонусных программ. И, наконец, третье и главное. Такой клиент никогда не будет советовать компанию своим знакомым. Другими словами, он не станет поставщиком новых клиентов для компании.

Лояльные потребители отличаются тем, что:

– надолго сохраняют верность и преданность компании;

– покупают не только существующие товары и услуги, но и новые услуги, предлагаемые компанией;

– рекомендуют компанию и приводят других;

– проводят самую действенную рекламу «из уст в уста»;

– выступают в роли адвокатов, защищают политику компании, цены, товары;

– не реагируют на рекламные акции конкурирующих компаний;

– менее чувствительны к уровню цен;

– некритичны к однократным случаям снижения качества;

– с удовольствием принимают участие в опросах;

– активно высказывают предложения по совершенствованию товаров и услуг.

– требуют к себе меньше внимания в плане обслуживания и траты на них времени.

– не требуется стартовых расходов на завоевание их лояльности.

Ошибки в клиентской политике порождают антилояльность компании. Поэтому нужно заботиться о качестве установленных взаимоотношений с покупателями. Продавец не сможет удержать ценных клиентов, если не знает симптомов рождающейся антилояльности и не умеет её измерять. Неудовлетворённый и обиженный клиент превращается в агитатора антирекламы среди своего окружения. Последствия такой антирекламы компания может почувствовать не сразу, что увеличивает её опасность и существенно множит риски, реабилитация приводит к существенным дополнительным затратам. Завоевание нового клиента обходится в 4–5 раз дороже, чем удержание старого [2].

Таким образом, необходимо создать регламент, который будет описывать деятельность в отношение постпродажного обслуживания клиентов. Постпродажное обслуживание – этап работы с клиентами, который предполагает обслуживание клиентов после закрытия сделки для напоминания о себе и с предложением дальнейшего сотрудничества. Цель этого процесса – повышение уровня лояльности клиентов. Повысить уровень лояльности возможно только при условии уважительного и внимательного отношения к клиентам, как со стороны руководства, так и со стороны сотрудников службы персонала.

Отсутствие регламента приводит к таким проблемам:

– ошибки в работе;
– несобранность менеджеров;
– отсутствие возможности изучать потребности клиента после проведенной сделки;
– отсутствие возможности отследить результаты деятельности менеджеров.

Собрав и проанализировав все материалы в АН «Метро» можно сделать вывод, что регламент должен содержать:

1) Порядок рассылки поздравительных открыток клиентам для физических лиц. База клиентов, которым рассылаются поздравительные открытки должна формироваться на основе реестра, ежемесячно составляемого отделом аналитики. Реестр высылается руководителю контактного центра. Сотрудники контактного центра ежемесячно должны проводить рассылку в почтовом виде поздравительных открыток клиентам физических лиц, двух типов: с днем рождения и с Новым годом. Рассылка поздравительных открыток совершается в течение года после совершения сделки с клиентом. Менеджер по недвижимости может рассылать поздравительные открытки клиентам по желанию в течение любого срока.

2) Порядок обзвона клиентов. Спустя 2–3 недели после завершения сделки сотрудниками контактного центра должен совершаться обзвон клиентов, с целью выявления отзывов о проделанной работе менед-

жера. Для обзвонов офис-менеджеры отделений / департаментов до 3-го числа месяца следующим за отчетным, должны присылать руководителю Колл-центра отчеты по заключенным договорам.

3) Использование «карты друга». Офис-менеджеры должны донести до клиента информацию о скидках на услуги всех компаний, входящих в состав группы «Метро»:

– агентство недвижимости «Метро» – скидка 10%;
– оценочная компания «Метро-оценка» – скидка 10%;
– консалтинговая группа «Метро» (юридические услуги) – скидка 10%;
– туристическая компания «Метро-Тур» – скидка 3-5%;
– центр обучения «Метро» – скидка 5%.

«Карту друга» имеют право получить все клиенты ГК «Метро», воспользовавшиеся услугами любого направления ГК «Метро». «Карта друга» вкладывается в папку с документацией клиента. Карту может использовать сам клиент, а также он может передать ее своему родственнику, другу или знакомому. Любой пользователь данной карты имеет право получить скидку на услуги компании. Карта действует бессрочно. «Карта друга» выдается юридическим и физическим лицам.

5) Проведение бесплатных семинаров для клиентов – юридических лиц. Семинары проводится 1–2 раза в год.

6) Ведение реестра электронных адресов клиентов. Отдел маркетинга и PR должен вести реестр электронных почт клиентов.

После создания и в ведения в действие регламента у руководителя будет возможность контролировать риэлторов. При наличии негативных отзывов от клиентов руководитель сможет без промедлений принять меры: провести беседу с менеджером или в случае, если у менеджера имеется несколько негативных отзывов – выговор/штраф. Отчеты по проделанной работе наглядно будут показывать заинтересован ли клиент в дальнейшем сотрудничестве. Послепродажный сервис предусматривает также умение менеджера грамотно разбираться с претензиями, поступающими от клиентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт агентства недвижимости «Метро» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://yarmetro.ru/. Дата обращения: 15.02.2018.
2. *Виханский О.С.* Менеджмент [Текст]: учебник / О.С. Виханский, А.И. Наумов; 3-е изд. М.: Гардарики, 2002. 223 с.

УДК 316.776

ТРАНСФОРМАЦИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ МЕДИАКОММУНИКАЦИЙ В УСЛОВИЯХ АДАПТАЦИИ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

В.А. Зайчиков, С.А. Царева

Научный руководитель – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрен процессный подход, как способ повышения эффективности управления деятельностью информационно-технического отдела ГАУ «Дворец молодежи».

Ключевые слова: *визуальные коммуникации, качество, процессный подход.*

TRANSFORMATION OF VISUAL MEDIA COMMUNICATIONS IN ADAPTATION OF QUALITY MANAGEMENT

V.A. Zaichikov, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

In this article the process approach is considered as a way to improve the management efficiency of the information and technical department of «Dvorec molodyozhi».

Keywords: *visual communications, quality, process approach.*

В современном мире средства массовой информации являются незаменимым инструментом в работе организации с широкой общественностью. Успешное взаимодействие с целевой аудиторией требует развернутых знаний специфики массовых коммуникаций.

Коммуникационная структура современного общества, активизированная рядом факторов: экономических, политических, социальных – порождает и особый вид коммуникаций – медиакоммуникации. И хотя не существует «легитимной» дефиниции данного феномена, предлагается

под медиакоммуникациями понимать процесс создания, обработки и трансляции, а также обмена информацией в индивидуальном, групповом, массовом формате по различным каналам с помощью различных коммуникативных средств: вербальных/невербальных; аудиальных, аудиовизуальных, визуальных. Сегодня исследователи разделяют медиакоммуникацию по целям и задачам, аудиториям (внешним, внутренним, смешанным).

Государственное автономное учреждение Ярославской области «Дворец молодежи» не является исключением из общих правил. Учреждение оказываете государственные услуги по организации культурно-досуговой работы с молодежью (от 14 до 30 лет) и для достижения своих целей активно использует медиакоммуникации.

Знаки визуальной коммуникации, которые использует «Дворец молодежи», помогают целевой аудитории взаимодействовать с учреждением. Людям нужно определить, как найти здание, установить функциональное назначение отделов, получить информацию об услугах, и т.п. Поэтому, знаки визуальной коммуникации должны быть понятными и хорошо различимыми.

Учреждение использует множество приемов из различных дисциплин: изобразительного искусства, дизайна, фотографии, современных компьютерных технологий и др. Выстраиванием медиакоммуникаций в учреждении занимается информационно-технический отдел, в ключевые задачи которого входит: ведение сайта и аккаунтов Дворца молодежи в социальных сетях, работа с внешними СМИ, поддержание бренда и имиджа организации.

Для того, что бы эффективно управлять этими сложными процессами, отделу необходимо взять на вооружение методологию PDCA, которая представляет собой алгоритм действий руководителя по управлению процессом и достижению его целей (рис. 1). Как пример, отражено одно из важнейших направлений работы информационно-технического отдела − освещение деятельности ГАУ ЯО «Дворец молодежи» в социальных сетях.

Под целями и требованиями потребителей могут подразумеваться тренды внешней среды или, например, актуальная информация об итогах прошедшего мероприятия. Соответственно, на этапе планирования недельного плана публикаций важно учитывать эти тренды и принципы эффективного SMM и понимать, какие именно социальные сети дают минимальный, средний и максимальный эффект в контексте каждого инфоповода. Таким образом, во время реализации недельного плана ключевую роль играет компетентность сотрудников, которые должны придерживаться плана и оперативно его менять, если того требует внешняя сре-

да. Контент «Дворца молодежи» активно контролирует, в первую очередь, начальник информационно-технического отдела, вышестоящее руководство и, кроме этого, сообщить об ошибке может любой сотрудник, так как практически все работники проводят часть свободного времени в социальных сетях. Анализ деятельности за предшествующую неделю проходит параллельно началу нового цикла – составлению плана на новом этапе. Это способствует увеличению эффективности деятельности за счет учета прежних ошибок и недочетов.

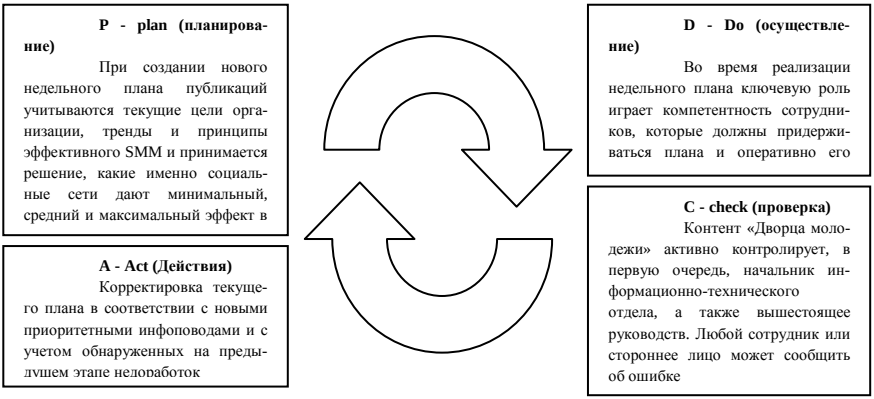


Рис. 1. Цикл PDCA для непрерывного улучшения деятельности информационно-технического отдела ГАУ ЯО «Дворец молодежи»

Реализация недельного плана публикаций в социальных сетях представляет собой хронологическую последовательность публикации каждого поста. Процесс создания каждой публикации можно разделить на три подпроцесса: оформление чернового варианта публикации, проверка чернового варианта начальником отдела с корректировкой и публикация с дублированием информации в остальные социальные сети. Декомпозиция представлена на рис. 2.

Аналогично в работе информационно-технического отдела можно декомпозировать любой процесс. Подпроцессы помогают более детально исследовать деятельность учреждения по обеспечению визуальных коммуникаций и, в случае снижения эффективности, обнаружить проблемный элемент.

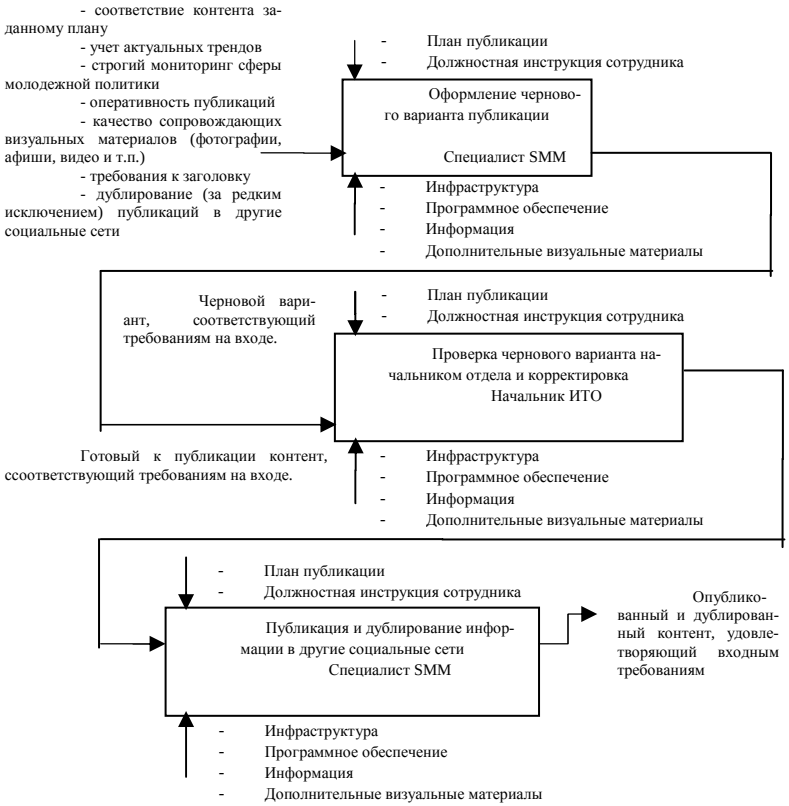


Рис. 2. Декомпозиция процесса трансформации визуальных медиакоммуникаций

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Почепцов Г.Г.* Стратегические коммуникации в политике, бизнесе и государственном управлении [Текст] / Г.Г. Почепцов. Киев, 2008. 216 с.

2. *Чумиков А.Н.* Mediajacking – современная стратегия продвижения в социальных сетях [Текст] / А.Н. Чумиков // Российская пиарология – 2: тренды и драйверы: сб. науч. тр. СПб., 2016. С. 168–176.

3. *Шилина М.Г.* Медиакоммуникация: тенденции трансформации. Новые парадигмы массовой коммуникации / М.Г. Шилина // Медиаскоп: электр. журн. М., 2009. Вып. 3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://mediascope.ru/node/404. Дата обращения: 08.02.2018.

4. *Кириллова Н.Н.* Медиалогия [Текст] / Н.Н. Кириллова. М., 2015. 424 с.

5. *Кошелюк М.* Эффективное PR-мышление. Мастер-класс для начинающих и профессионалов [Текст] / М. Кошелюк. М., 2008. 216 с.

УДК 378.4

КАДРОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

А.Н. Калишаускайте, Е.М. Шастина

Научный руководитель – Е.М. Шастина, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются вопросы, связанные с кадровыми проблемами в системе обеспечения единства измерений, а именно отсутствие достаточного количества квалифицированных специалистов в области метрологии для работы на предприятиях и невысокого уровня подготовки специалистов в данной области.

***Ключевые слова**: квалифицированные кадры, обеспечение единства измерений, метрология, высшие учебные заведения.*

STAFFING PROBLEMS IN THE SYSTEM OF ENSURING UNITY OF MEASUREMENTS

A.N. Kalishauskaite, E.M. Shastina

Scientific Supervisor – E.M. Shastina, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

Issues related to personnel problems in the system for ensuring the uniformity of measurements are considered, namely, the lack of a sufficient number of qualified specialists in the field of metrology for work at enterprises and a low level of training of specialists in this field.

***Keywords:** qualified personnel, ensuring the uniformity of measurements, metrology, higher educational institutions.*

В области социально-экономического развития Российской Федерации одним из основных приоритетов является повышение конкурентоспособности продукции на российском и международном рынках и улучшение качества жизни граждан путем гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения.

В настоящее время остро стоит проблема, связанная с вопросами обучения и обеспечения квалифицированными кадрами в разных отраслях промышленности. Эта проблема не обошла и область обеспечения

единства измерений. Данная проблема озвучивается в Распоряжении Правительства РФ от 19 апреля 2009 г. № 737-Р «Об утверждении Стратегии обеспечения единства измерений в России до 2025 года».

Подробнее в ней сказано следующее: «Начиная с последнего десятилетия прошлого столетия не происходит качественного повышения уровня профессиональной подготовки специалистов в области обеспечения единства измерений. Одновременно уменьшается число квалифицированных специалистов-метрологов. Это касается специалистов всех уровней – от техников до профессорско-преподавательского состава.

Образовательные стандарты (программы) по многим специальностям не предусматривают изучение основ метрологии, что обусловливает непонимание будущими специалистами целей и задач, решаемых при функционировании государственной системы обеспечения единства измерений.

В настоящее время во всех структурах экономики насчитывается, по экспертным оценкам, приблизительно 120–200 тыс. метрологов, в том числе в системе Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (в метрологических институтах, центрах метрологии, надзорных органах) – около 7000 человек.

По экспертным оценкам Межотраслевого совета по прикладной метрологии и приборостроению Российского союза промышленников и предпринимателей, ежегодно обучается метрологическим специальностям в 4–5 раз меньше специалистов, чем это требуется экономике.

Таким образом, кадровый вопрос для системы обеспечения единства измерений в Российской Федерации в настоящее время является крайне важным» [1].

Занятным остается факт, что точно такое же описание проблемы указано в приказе Минпромторга РФ от 17 июня 2009 г. № 529 «Об утверждении стратегий обеспечения единства измерений в России до 2015 г.». А именно: «Начиная с последнего десятилетия прошлого столетия, не происходит качественного роста уровня профессиональной подготовки специалистов в области обеспечения единства измерений. Одновременно уменьшается число квалифицированных специалистов-метрологов. Это касается специалистов всех уровней – от техников до профессорско-преподавательского состава… Таким образом, кадровый вопрос при выполнении работ по обеспечению единства измерений в России в настоящее время остается крайне важным» [2].

Получается, что почти за 10 лет России не удалось решить данную проблему. Можно предположить, что одной из причин отсутствия

роста подготовки специалистов в области обеспечения единства измерений является именно обучение по данной специальности.

Росаккредитация опубликовала требования к образованию работников в области обеспечения единства измерений. Приказом Минэкономразвития России от 30 мая 2014 г. № 326 «Об утверждении критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации», были установлены требования к образованию работников, непосредственно участвующих в выполнении работ (оказании услуг) по обеспечению единства измерений в области аккредитации – наличие у работников высшего образования либо среднего профессионального образования или дополнительного профессионального образования по профилю, соответствующему области аккредитации [3].

Практически на каждом предприятии имеются средства измерения, которые необходимо поддерживать в рабочем состоянии, следить за их исправностью и точностью. Эти работы должна выполнять метрологическая служба. Помимо этого они также могут выполнять работы по обеспечению единства измерений и метрологическому обеспечению исследований, испытаний и эксплуатации продукции на предприятии и т.п. [4].

Для выполнения, возложенных на метрологическую службу задач необходимо наличие квалифицированного персонала, имеющего соответствующее высшее, среднее профессиональное либо дополнительное профессиональное образование по данному профилю.

В настоящее время в Российской Федерации получить образование по специальности «Стандартизация и метрология» можно в 96-ти ВУЗах и по специальности «Метрология» в 2-х ССУЗах (по данным с электронного ресурса «Вузотека» на 2018 год) [5].

На официальных сайтах университетов количество поступивших в 2017 году на бюджетной основе варьируется от 5 до 25 мест в каждом учебном заведении. Но все-таки в большинстве вузов количество мест не превышает 15.

В процессе присоединения Российской Федерации к Болонской декларации система образования стала двухуровневой: бакалавриат – подготовка в течение четырёх лет, и магистратура – плюс ещё два года обучения. Ранее обучение в вузе длилось пять – шесть лет в зависимости от специальности. В результате пришлось уместить пятилетнюю форму обучения в рамках четырех лет, упустив немало важных дисциплин, оставив лишь «поверхностную» информацию, с небольшим погру-

жением в темы. Также одной из причин отсутствия роста подготовки специалистов в области обеспечения единства измерений можно назвать снижение финансирования в сфере образования, ведущее за собой уменьшение количества бюджетных мест.

Для повышения уровня специалистов в области обеспечения единства измерений, выпускающихся из университетов, можно создать условия, предоставляющие возможность в образовательных учреждениях доступ к новым методам и методикам, средствам измерений, что возможно путем обновления лабораторий, проведения экскурсий на предприятия города, куда в будущем студенты могли бы трудоустроиться, и возможностью проведения некоторых практических и лабораторных работ непосредственно на этих предприятиях.

Все это способствовало бы повышению мотивации студентов и, соответственно, уровню подготовки специалистов в области обеспечения единства измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства промышленности и торговли России об утверждении Стратегии обеспечения единства измерений в России до 2015 года: № 529 (Утвержден Министерством промышленности и торговли 17 июня 2009 г.).
2. Распоряжение Правительства РФ об утверждении Стратегии обеспечения единства измерений в России до 2025 года: № 737-Р (Утвержден Правительством РФ 19 апреля 2009 г.).
3. Приказ Министерства экономики и развития России об утверждении критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации: № 326 (Утвержден министерством экономики и развития России 30 мая 2014 г.)
4. Положение о метрологической службе РКА (утв. РКА 26-12-94 Госстандартом РФ 19-12-94).
5. Вузотека – Вузы России со специальностью стандартизация и метрология – 27.03.01 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://vuzoteka.ru/вузы/Стандартизация-и-метрология-27-03-01/. Дата обращения: 26.02.2018.

УДК 331.421

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ»

О.П. Кашляева, А.С. Ермишин

Научный руководитель – А.С. Ермишин, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье приведен опыт работы по совершенствованию производственных процессов с применением системы 5S в рамках концепции бережливого производства на ПАО «Автодизель».

Ключевые слова: *бережливое производство, система 5S, производственные процессы, совершенствование.*

IMPROVEMENT OF MANUFACTURING PROCESSES BASED ON THE CONCEPT OF LEAN PRODUCTION IN THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IN THE COMPANY «AVTODIZEL»

O.P. Kashlyaeva, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – A.S. Ermishin, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article presents the experience of work on the improvement of production processes with the use of 5S system within the concept of lean production at the enterprise «Avtodizel».

Keywords: *lean production, 5S system, production processes, improvement.*

В условиях глобализации и постоянного роста требований и ожиданий потребителей организации вынуждены постоянно адаптировать и улучшать свою организацию бизнеса. Концепция бережливого производства (БП) может содействовать организациям в повышении их конкурентоспособности и эффективности бизнеса, предлагая комплекс методов и инструментов по всем направлениям деятельности, позволяющий производить товары и оказывать услуги в минимальные сроки и минимальными затратами с требуемым потребителем качеством. Применение БП

предполагает определенный способ мышления, рассматривая любую деятельность с точки зрения ценности для потребителя и сокращения потерь всех видов [1].

Компании стремятся, во что бы то ни стало, произвести еще более сложную продукцию по более низкой цене. При этом конкуренция с каждым годом возрастает.

Такие тренды вынуждают заводы искать пути для выживания. Чтобы приспособиться к изменяющимся условиям бизнеса, необходимо отбросить устаревшие традиции и освоить современные методы, соответствующие новым потребностям.

Один из инструментов БП является система 5S. Постоянное применение системы 5S – отправная точка в изменениях, направленных на улучшение и обеспечивающих процветание любой компании. Сотрудники компании сохраняют свои рабочие места только в том случае, если компания будет устойчива к внешним изменениям [2].

Система 5S представляет собой 5 это шагов (5 Step) или этапов:

1S – это сортировка;

2S – рациональное расположение;

3S – уборка;

4S – стандартизация;

5S – совершенствование.

Самые важные элементы этой системы – это сортировка и рациональное расположение. Эффективность системы 5S, в основном, зависит от успешности внедрения этих этапов.

Слово «этап» используется как метафора и обозначает один из элементов, который в совокупности с другими элементами обеспечивает устойчивость системы. В нашем случае на этих пяти этапах основывается система усовершенствования предприятия.

Система 5S настолько проста, что ей часто не придают должного значения. Однако факты свидетельствуют, что в производственных помещениях, где чисто и аккуратно: выше производительность труда, меньше производится бракованной продукции, точнее выдерживаются сроки, лучше соблюдается техника безопасности.

Подробно применение данного метода мы опишем на примере стола с инструментами сборщика на механосборочном производстве ПАО «Автодизель» (ЯМЗ).

Работу мы начали с первого этапа – сортировки. Мы разделили предметы, находящиеся на столе, на нужные и ненужные. Значение этого этапа можно выразить так: «Сомневаешься в нужности вещи – избавься от нее». Удивительно, но эту простую концепцию часто понимают неверно, поскольку с первого взгляда бывает трудно определить, что действительно понадобится, а что – нет.

Сортировка позволила удалить из рассматриваемой зоны ненужные предметы.

Далее мы приступили ко второму этапу – рациональному расположению, то есть оптимальному размещению нужных предметов для возможности легкого и эффективного доступа к ним и сохранение такого расположения. Здесь ключевая фраза: «Место для каждой вещи, и каждая вещь на своем месте» [3]. Рациональное расположение неразрывно связано с сортировкой. Когда все предметы рассортированы, остаются только те, которые действительно нужны для текущей деятельности.

Далее мы провели третий этап – уборку. Девиз этого этапа: «Наведи чистоту и поддерживай её». Мы протерли от пыли и другой грязи стол и рабочие инструменты.

Четвертый этап – стандартизация уже применяется на предприятии, о чём также свидетельствует и Политика ПАО «Автодизель» (ЯМЗ) в области профессионального здоровья и безопасности труда. Стандартизация – создание основных правил или руководящих принципов, позволяющих содержать рабочее место в порядке и чистоте: наличие наглядных и понятных каждому стандартов для этого.

Пятый этап – совершенствование также проводится на предприятии с помощью аудита системы 5S. Этот этап включает в себя обучение и передачу информации для того, чтобы все выполняли стандарты 5S [3].

До начала и после проделанной работы рабочее место сборщика механосборочного производства показано на рис. 1 и 2.

Рис. 1. Рабочее место сборщика механосборочного производства до начала работы

Рис. 2. Рабочее место сборщика механосборочного производства после проделанной работы

Программа 5S не является самоцелью, она лишь неотъемлемая составляющая всей культуры производства, не просто повышающая производительность и избавляющая исполнителя от потери времени на поиск необходимых инструментов, документации, тары и т.д., но и создающая атмосферу комфорта на рабочем месте [4].

Применение 5S – это не просто «стандартизация уборки», а философия малозатратного, бережливого производства. При таком подходе обеспечивается более полное вовлечение всех работников в производственные процессы без применения новых управленческих технологий и теорий, что подразумевает сокращение всех видов потерь, а следовательно, повышаются качество продукции и эффективность производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 56020-2014 Бережливое производство. Основные положения и словарь [Текст]. Введ. 2015-03-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. 15 с.

2. *Грачев А.* «5S»: От метода к культуре / А. Грачев, И. Киселев // Стандарты и качество. Май 2009. № 5 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.centr-prioritet.ru/knowledge-base/131-berezhlivoe-proizvodstvo/482-grachev-an-kiselev-ia-standarty-i-kachestvo-n-5-2009.html (дата обращения: 26.02.2018).

3. *Фабрицио Т.* «5S для офиса: как организовать эффективное рабочее место» / Томас Фабрицио, Дон Тэппинг. Пер. с англ. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. 214 с.

4. Управление производством [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.up-pro.ru/encyclopedia/5s-sistema.html (дата обращения: 06.03.2018).

УДК 331

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ 5S НА ОАО «РЖД»

А.А. Кириллова, А.С. Степанова

Научный руководитель – А.С. Степанова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается оптимизация производства предприятия и организация рабочего места. Дается описание целей, этапов, методов, а также эффективность внедрения системы 5S на предприятии ОАО «РЖД».

***Ключевые слова**: система 5S, методы оценки эффективности, улучшения.*

INTRODUCTION OF THE 5S SYSTEM AT JSC «RZD»

A.A. Kirillova, A.S. Stepanova

Scientific Supervisor – A.S. Stepanova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article considers the optimization of enterprise production and the organization of the workplace. The description of the objectives, stages, methods, as well as the effectiveness of the introduction of the 5S system at the enterprise of JSC «RZD» are given.

***Key words**: 5S system, methods of effectiveness evaluation, improvement.*

Оптимизация производства предприятия и организация рабочего места являются очень актуальной темой для изучения. В настоящий момент на ОАО «РЖД» во всех подразделениях компании постепенно вводится система принципов 5S. На данную систему ОАО «РЖД» возлагает большие надежды, потому что её применение – это соотношение маленьких затрат и высоких показателей эффективности внедрения.

Целями программы является повышение эффективности через сокращение потерь, повышение уровня культуры перевозок, удовлетворение требований покупателей. К основным условиям внедрения системы 5 S относятся:

– непосредственное участие высшего руководства в проекте;

– вовлеченность и осведомленность всего персонала организации;

– непрерывное совершенствование.

Внедрение системы 5 S в ОАО «РЖД» осуществлялось с помощью следующих этапов:

1) Доведение целей внедрения системы 5S до работников. Создание рабочих групп по внедрению системы. Проведение фотосъемки текущего состояния рабочих мест. Сортировка предметов на рабочих местах по категории «Нужные», «Ненужные» и «Не нужные срочно» с последующим определением «Ненужных» предметов в зону «карантина». Составление перечня предметов, находящихся в зоне «карантина». Назначение ответственного за сохранность предметов в данной зоне.

2) Закрепление за каждым «Нужным» и «Не нужным срочно» предметом его местоположения. Идентификация оборудования, элементов управления оборудованием, испытательного оборудования, средств измерений. Нанесение надписей по названию содержимого на емкости, ящики, стеллажи, тележки, имеющие постоянное назначение. Оформление рабочей группой схемы размещения «нужных» предметов с учетом требований безопасности, качества и производительности труда. - Составление детального плана чистки оборудования, проверки исправности оборудования и аварийных устройств с учетом графика ремонтного дня. Чистка оборудования, мест хранения приспособлений, инструментов, оснастки и при необходимости покраска.

3) Проведение уборки участка. Оснащение оборудования, находящегося вне эксплуатации, соответствующими табличками «ремонт», «резерв», «законсервировано». Размещение на видном месте планировки помещения подразделения с распределением зон ответственности по поддержанию порядка. Разработка визуализированных выписок из технологической инструкции по уборке рабочего места.

4) Разработка визуализированных выписок из технологической инструкции по ведению технологического процесса, правильным способам работы на оборудовании, касающихся наиболее часто повторяемых операции. Размещение на рабочих местах визуализированных выписок из технологической инструкции по уборке рабочего места по порядку приема/передачи рабочего места, технологического оборудования и аварийных устройств.

5) Составление план-графика аудитов функционирования системы 5S. Начало работы по контролю за функционированием системы 5S на рабочих местах рабочей группой [1].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что работу по внедрению системы 5 S начали с рациональной организации в цехах рабочих мест. Это фундамент, без которого невозможны дальнейшие улучшения. Устранение лишних предметов стало первым шагом на пути внедрения бережливого производства на ОАО «РЖД». Следующий шаг после уда-

ления лишних предметов – это размещение оставшихся нужных предметов как можно более эффективно. Поэтому на производственных площадях ОАО «РЖД» осуществляли зональное планирование участков, прорабатывали оптимальное расположение оборудования, устанавливали специально сконструированные стеллажи и шкафы для хранения общего и индивидуального инструмента, размещали заготовки и обработанные детали.

С целью развития творческой активности персонала ОАО «РЖД», организацией системной работы по инициативным предложениям разработано и введено в действие положение о стимулировании работников ОАО «РЖД» за внесение предложений, направленных на повышение эффективности производства.

Для того чтобы обеспечить предусмотренное в планах улучшение качества предоставляемых услуг, ОАО «РЖД» требует от своих поставщиков соответствующего улучшения качества поставляемого оборудования, материалов, комплектующих изделий, узлов, запасных частей и других компонентов конечной продукции. Также оказывает разнообразную помощь предприятиям-поставщикам по улучшению качества их продукции.

Осуществляется разработка эффективных методов оценки способности поставщиков поставлять оборудование с установленными требованиями. Эти методы включают:

– оценку, рекламирование поставщиков;
– сравнение с конкурентами;
– анализ качества закупаемой продукции, цены, осуществления поставки, реагирования на проблемы и т.д.

Приоритеты ОАО «РЖД» направлены на расширение предоставляемых качественных услуг с минимальным сокращением издержек. Каждый сотрудник ОАО «РЖД» должен быть заинтересованным в повышении производительности своего труда и в непрерывном поиске улучшений.

Эффективностью внедрения системы 5S на ОАО «РЖД» необходимо обозначить оптимизацию производственных ресурсов, снижение непроизводительных затрат и повышение конкурентоспособности продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление грузовой и коммерческой работой на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rzd.ru/. Дата обращения: 28.02.2018.

УДК 658.562

ВАЖНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ

В.Д. Китаева, Н.В. Горячёва

Научный руководитель – Н.В. Горячёва, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет

Рассматриваются требования к информации, этапы обработки информации, необходимые свойства информации, информационное обеспечение системы менеджмента качества.

***Ключевые слова**: информация, система менеджмента качества, требования к информации, информационное обеспечение.*

IMPORTANCE OF INFORMATION IN THE COMPANY'S QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

V.D. Kitaeva, N.V. Goryacheva

Scientific Supervisor – N.V. Goryacheva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Rybinsk State Aviation Technical University

The paper examines the requirements for information, the stages of processing information, the necessary properties of information, information support of the quality management system.

***Keywords**: information, quality management system, information requirements, information support.*

Важнейшим фактором повышения эффективности производства во всех отраслях является улучшение управления качеством. Совершенствование форм и методов управления происходит на основе достижений научно-технического прогресса, дальнейшего развития информатики, занимающейся изучением законов, методов и способов накопления, обработки и передачи информации с помощью различных технических средств.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [1] организация должна определить порядок внутреннего и внешнего обмена информацией, относящейся к системе менеджмента качества, т.е. когда, кому, каким обра-

зом и кем будет передаваться информация. Объем этой информации зависит от особенностей предприятия.

Важность и полезность информации заключается в обеспечении контроля за производством, за сбытом продукции, финансовой деятельностью, прогнозированием и т.д.

Одним из требований к информации является то, чтобы она при минимальном объеме достаточно полно характеризовала состояние контролируемых системой управления предприятия всех видов процессов.

Кроме этого к ней предъявляются следующие требования:

1) обеспечивать устойчивость производства и экономики предприятия при заданных стратегических и оперативных решениях;

2) обеспечивать работу производственной системы в условиях неопределенности окружающей среды;

3) создавать возможность сочетать подцели системы управления для наиболее эффективного выполнения главной цели функционирования предприятия;

4) обеспечивать прогнозы и подготовку к возможным изменениям производственной системы;

5) обеспечивать адаптацию предприятия к окружающей среде;

6) обеспечивать разумное поведение системы управления предприятием для организационных изменений в системе управления при существенных изменениях ситуации в окружающей среде;

7) обеспечить своевременную оценку окружающей среды для создания условий эффективного функционирования предприятия

Часто недостаточная осведомленность в области информационного обеспечения проявляется на всех этапах жизнедеятельности предприятия. Без специальных технологий учета, регистрации, хранения и мобилизации информационных ресурсов знания не будут использованы в полной мере для решения необходимых задач управления.

С точки зрения технологии в процессе обеспечения информацией можно выделить основные этапы: сбор информации, подготовка информации, занесение её на носители, контроль, формирование базы данных, хранение носителей, доступ к информации, выдача информации.

Для принятия правильного и оптимального решения необходима информация, обладающая следующими свойствами: достаточность, достоверность, актуальность, своевременность, понятность. Если информация не обладает этими свойствами, то можно с достаточной уверенностью прогнозировать принятие неправильных, запоздалых или неоптимальных решений [2].

Техническая сторона информационного процесса должна решать вопрос кто, когда и где должен участвовать в осуществлении этапов информационного процесса и их связей. При решении вопроса «где» опре-

деляется наилучшее место выполнения этапа. При решении вопроса «кто» встает необходимость введения в структуру управления специалиста по работе с информацией. Вопрос «когда» требует установления определенных границ времени, необходимых для осуществления информационного обеспечения.

Необходимо также рассмотреть экономическую сторону информационного обеспечения. Она заключается в повышении эффективности при снижении затрат на создание информационного обеспечения предприятия. Нельзя сказать кто, когда и где будет осуществлять управление информацией, если неизвестно какими средствами и способами будет реализован процесс.

Сущность организации информационного обеспечения системы управления заключается в разумном сочетании информации и средств работы с информацией, которое достигается в результате применения определенных методов и приемов труда с целью своевременного представления органами управления необходимой и качественной информации.

Таким образом, информационное обеспечение системы менеджмента качества и постоянное её совершенствование решает следующие задачи: создание интегрированных информационных систем управления, совершенствование технических средств, создание большого количества проектных решений по разработке и реализации систем управления предприятия. Информационное обеспечение обеспечивает определенные преимущества перед конкурентами, автоматизируя операции внутри системы и улучшая качество или поставку конечного продукта предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. 24 с.

2. *Горячева Н.В.* Повышение эффективности системы менеджмента качества машиностроительного предприятия на основе совершенствования ее информационного обеспечения [Текст]: диссертация / Н.В. Горячева; науч. рук. В.А. Кононов. Рыбинск: РГАТА, 2007. 131 с.

УДК 005:931:11:665:6

К ВОПРОСУ О ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ТРУДА НА ОСНОВЕ ТРЕБОВАНИЙ OHSAS 18001 (НА ПРИМЕРЕ ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»)

Е.А. Клочкова, А.С. Степанова

Научный руководитель – А.С. Степанова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается функционирование системы менеджмента безопасности и охраны труда на ОАО «Славнефть-ЯНОС».

Ключевые слова: *безопасность, менеджмент безопасности, охрана труда, система менеджмента безопасности.*

THE QUESTION ABOUT THE FUNCTIONING OF THE SAFETY MANAGEMENT SYSTEM AND LABOR PROTECTION BASED ON THE REQUIREMENTS OF OHSAS 18001 (ON THE EXAMPLE OF JSC «SLAVNEFT-YANOS»)

E.A. Klochkova, A.S. Stepanova

Scientific Supervisor – A.S. Stepanova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the functioning of the safety management system and labour safety at JSC «Slavneft-YANOS».

Keywords: *safety, safety management, labour safety, safety management system.*

Непременным условием устойчивого развития общества является безопасность человека и окружающей среды, их защищенность от воздействия вредных техногенных, природных и социальных факторов. В общем случае под безопасностью обычно понимается состояние защищенности человека, общества и окружающей среды от чрезмерных вредных воздействий техногенных, природных и экологических факторов. Человеческие потери, включая потерю трудоспособности - это потери

денежные, которые уменьшают прибыль предприятия, являются весьма существенными. По данным статистики ежегодно в России признаются инвалидами 500 тысяч человек из числа трудоспособного населения.

Самым проверенным способом достижения качества и безопасности в организации является внедрение системы менеджмента охраны труда на основе стандартов серии ИСО, в данном случае создание системы менеджмента на основе стандарта OHSAS 18001:2007 [1].

Основные выгоды от внедрения СМБ:

– осуществление контроля опасных производственных факторов;

– управление рисками, возникающими в процессе производственной деятельности;

– непрерывное улучшение условий труда;

– предотвращение возникновений инцидентов, аварий, нештатных ситуаций.

Ново-Ярославский нефтеперерабатывающий завод (ОАО «Славнефть-ЯНОС») был пущен в эксплуатацию в 1961 году. С 1995 года предприятие входит в состав вертикально-интегрированной нефтяной компании «Славнефть».

В настоящее время ОАО «Славнефть-ЯНОС» является одним из крупнейших предприятий России по производству продуктов нефтепереработки.

Главной задачей ОАО «Славнефть-ЯНОС» является выпуск высококачественной продукции, соответствующей современным стандартам и удовлетворяющей запросам потребителей. Одним из элементов, повышающих имидж и работоспособность предприятия, явилось внедрение 3 – систем менеджмента (по качеству, экологии и профессиональной безопасности) на основе международных стандартов ИСО 9001-2015, ИСО 14001-2015 и OHSAS 18001-2007. Свидетельством одобрения продукции и услуг являются полученные сертификаты на соответствие функционирующих на предприятии систем менеджмента [2].

Основной стратегией ОАО «Славнефть-ЯНОС» в области профессиональной безопасности и охраны труда является сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, снижение рисков аварий на опасных производственных объектах.

В целях эффективной реализации основной стратегии на предприятии функционирует система менеджмента профессиональной безопасности и охраны труда (СМБ), отвечающая требованиям OHSAS 18001.

Система менеджмента профессиональной охраны здоровья и безопасности труда – это часть общей системы менеджмента, имеющей целью управление согласно требованиям OHSAS 18001 рисками в области

профессиональной безопасности и охраны труда, связанными с деятельностью предприятия.

Обеспечение безопасности труда на производстве очень важно, поэтому мероприятия в этой области должны быть сопряжены с определенными действиями людей на их рабочем месте и, соответственно, с технологическими процессами.

В рамках СМБ действует система информирования работников и проверки состояния охраны труда и ТБ по планам-графикам. В каждом подразделении избирается уполномоченный по охране труда, который ежедневно следит за состоянием охраны труда, промсанитарии и др., проводятся внутренние аудиты. Ежеквартально на совещании по охране труда, проводимом главным исполнительным директором с участием главных специалистов, дается оценка начальников цехов, касающаяся деятельности каждого подразделения за прошедший период в отношении вопросов промышленной безопасности. Совещание сопровождается показом фильма, снятым за предыдущий период, с отражением актуальных вопросов техники безопасности.

Отдел охраны труда совместно со службой снабжения и профкомом занимаются изучением и приобретением спецодежды, отвечающей современным требованиям. Для контроля обеспечения спецодеждой разработана и внедрена программа электронного учета.

Каждое полугодие проводится совещание по вопросам заболеваемости с привлечением представителей цехов и подразделений. Ежегодно проводится медицинский осмотр с целью выявления и профилактики заболеваемости, при необходимости работники направляются на медицинское обследование и лечение. С целью профилактики заболеваний ежегодно проводится вакцинация персонала. Во время вакцинации медработники проводят разъяснительные лекции и индивидуальные консультации. Эффективность подхода управлением профессиональной безопасностью оценивается на проводимых итоговых совещаниях, где докладываются результаты работ и решаются вопросы по дальнейшему совершенствованию.

В ОАО «Славнефть-ЯНОС» организация разрабатывает, внедряет и поддерживает в рабочем состоянии документацию СМБ в области OHSAS по охране труда для каждого подразделения и уровня управления организации.

Документация СМБ складывается из Руководства по системе менеджмента профессиональной безопасности и охраны труда и процедур.

Список документов, предназначенных для построения и функционирования СМБ, приведен в таблице 1.

Таблица 1. Список документов, предназначенных для построения и функционирования СМБ

Обозначение документа	Название документа
СМБ-РБ	Руководство по системам менеджмента профессиональной безопасности и охраны труда
СМБ-ПБ-1	Идентификация опасностей, оценка и контроль рисков
СМБ-ПБ-2	Проведение мониторинга со стороны руководства СМБ
СМБ-ПБ-3	Анализ со стороны руководства
СМБ-ПБ-4	Обмен информацией. Внешние и внутренние связи организации
СЭМ-ПЭ-3	Идентификация требований нормативно-правовой документации и других требований

Отдел охраны труда и отдел производственного контроля за промышленной безопасностью несут ответственность за обеспечение контроля системы, формирование и разработку документации по профессиональной безопасности и охране труда на предприятии.

Отдел организации труда и систем менеджмента несет ответственность за документирование и обеспечение функционирования СМБ в соответствии с требованиями OHSAS 18001.

В организации разработаны и поддерживаются в рабочем состоянии процедуры, обеспечивающие осведомленность персонала, работающего на всех важных функциональных уровнях.

Повышение компетентности персонала осуществляется на основании регулярно проводимого обучения профессии и требованиям профессиональной безопасности.

Требования профессиональной безопасности определены в технологических регламентах, инструкциях и положениях по эксплуатации объектов и различных видов оборудования, по организации и выполнению работ (огневых, газоопасных, ремонтных и т.д.). Они доводятся до персонала предприятия посредством обучения, инструктажей и проверки знаний на допуск к самостоятельной работе по документам согласно Перечню инструкций по цеху (производству).

В зависимости от вида, проведенный инструктаж регистрируется в личных карточках, журналах учета инструктажа, разрешениях на проведение работ, нарядах-допусках, журнале допуска к ремонтным работам [3].

Можно сделать вывод что, система менеджмента профессиональной безопасности и охраны труда на предприятии функционирует и активно развивается. СМБ позволяет осуществлять контроль над опасными

производственными факторами; управлять рисками, возникающими в процессе производственной деятельности; предотвращать инциденты, аварии, нештатные ситуации.

Следует особо подчеркнуть, что без заинтересованности высшего руководства организации и без его прямого участия в разработке, внедрении и оценке функционирования системы менеджмента эффективность системы менеджмента будет очень низкой. Кроме того, необходимо добиться лояльного отношения к разрабатываемой системе со стороны среднего звена. Следует обеспечить вовлеченность в соответствующие работы персонала организации, понимания сотрудниками того, что предпринимаемые меры ведут к снижению рисков аварий, несчастных случаев, травм и т. п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 Системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда. Требования [Текст]. Введ. 2013-01-01. М.: Стандартинформ, 2012. 21 с.

2. Система менеджмента профессиональной безопасности и охраны труда ОАО «Славнефть-ЯНОС». ОАО «Славнефть-ЯНОС» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.refinery.yaroslavl.su. Дата обращения: 14.02.2018.

3. Методическое пособие по обучению персонала «Системы менеджмента в области профессиональной безопасности и охраны труда в соответствии с требованиями OHSAS 18001:2007. ОАО «Славнефть-ЯНОС» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.refinery.yaroslavl.su. Дата обращения:14.02.2018.

УДК 659

АНАЛИЗ ОНЛАЙН-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЗАЦИИ С ЗАИНТЕРЕСОВАННЫМИ СТОРОНАМИ (НА ПРИМЕРЕ ФГБОУ ВО «ЯГТУ»)

А.И. Костюченко

Научный руководитель – В.В. Кочерова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Проводится анализ онлайн-коммуникаций ЯГТУ с заинтересованными сторонами и разрабатываются варианты решения выявленных проблем.

Ключевые слова: *заинтересованные стороны, коммуникации, контент.*

ANALYSIS OF THE ORGANIZATION'S ON-LINE INTERACTION WITH STAKEHOLDERS (ON THE EXAMPLE OF THE YSTU)

A.I. Kostyuchenko

Scientific Supervisor – V.V. Kocherova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

Analyzes of online communications of YSTU with interested parties are carried out and options for solving identified problems are being developed.

Keywords: *stakeholders, communications, content.*

По данным социальной сети «Вконтакте» ее активная аудитория составляет более 97млн. человек, социальной сети Facebook 2 миллиарда человек, а интернетом пользуется около 5 миллиардов человек, это больше чем половина населения Земли. Соответственно любую информацию можно донести до любого пользователя интернета. Такое огромное количество пользователей заставляет любые организации (коммерческие, некоммерческие, государственные ит.д.) любого масштаба выстраивать коммуникации с помощью глобальной сети.

Такие коммуникации используют и высшие учебные заведения мира. Рассмотреть эффективность и виды таких коммуникаций можно на примере Ярославского государственного технического университета. ЯГТУ — один из крупнейших технических вузов Верхневолжского ре-

гиона России. В университете по очной и заочной формам обучения получают высшее образование более 6000 студентов [1].

Согласно стандарту ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества».Требования. Организация сама решает, относится ли какое-либо конкретное требование соответствующей стороны к ее системе менеджмента качества [2].

Заинтересованные стороны образовательной организации: учебное заведение, студенты, абитуриенты, выпускники, преподавательский состав, работодатель, государство и общество в целом. Заинтересованные стороны можно разбить на две группы: внутренние и внешние. К внутренним относятся те заинтересованные стороны, которые участвуют в жизнедеятельности вуза, а внешние те, которые взаимодействуют с вузом на внешних направлениях.

Онлайн-коммуникации ЯГТУ выстраивает с помощью официального сайта и группы в социальной сети «Вконтакте». На сайте можно найти информацию о вузе, информацию о преподавателях, новости университета. Сайт ЯГТУ носит исключительно информационный характер.

Официальная группа во «Вконтакте» носит также исключительно информационный характер и практически дублирует сайт. Также существует youtube-канал ЯГТУ, последнее видео было опубликовано 5 лет назад.

Коммуникации выстроены только с помощью социальной сети «Вконтакте». ЯГТУ выстраивает коммуникации не со всеми заинтересованными сторонами.

Проанализировав данные статистики сайта и группы, можно сделать вывод о том, что коммуникации с аудиторией выстроены плохо, активности и заинтересованности нет.

Для более точного анализа онлайн-коммуникаций в социальной сети «Вконтакте» высчитаем коэффициент вовлеченности (ER).

1) Коэффициент вовлеченности поста (по базе) = сумма лайков, репостов, комментариев, деленная на количество подписчиков страницы (т.е. базу сообщества).

В группе ЯГТУ во ВКонтакте 7926 человек, максимальная активность (сумма лайков, репостов, комментариев) за период с декабря по февраль равна 36. Соответственно, коэффициент вовлеченности (по базе) равен 36/7926*100=0,45% [3].

2) Коэффициент вовлеченности поста (по охвату) = сумма лайков, репостов, комментариев, деленная на количество тех, кто этот пост увидел (т.е. охват).

Рассмотрев 10 последних постов в группе ЯГТУ во «Вконтакте», суммарная активность 54, а количество просмотров 11920. Соответственно коэффициент вовлеченности (по охвату) равен 54/11920*100=0,45%.

Повышение вовлеченности подписчиков группы окажет положительный эффект на охват публикациями официальной группы ЯГТУ пользователей «Вконтакте», повысит популярность университета.

Успешность и востребованность вуза зависит от желания людей обучаться в нем. Без активного общения со своей целевой аудиторией этого добиться невозможно.

Информационный характер онлайн-коммуникаций ЯГТУ не дает возможности получить обратную связь от основной аудитории и соответственно вуз не имеет возможности активно привлекать и заинтересовывать будущих студентов.

В данной ситуации необходимо выстраивать коммуникацию с учетом запросов и особенностей заинтересованной стороны.

Для успешного функционирования онлайн-коммуникаций и роста активности и удовлетворения запросов заинтересованных сторон необходимо определить содержание контента для каждой стороны.

Каждая организация стремится к развитию, но сделать это в полной мере без построения коммуникаций со всеми заинтересованными сторонами невозможно.

Необходимо определить через какую социальную сеть онлайн-коммуникации будут наиболее эффективно выполнять свои функции.

Выявив заинтересованные стороны, нужно выстроить коммуникации, которые должны эффективно предоставлять возможность взаимодействия сторон.

Изучив коммуникации ЯГТУ видно, что коммуникации выстроены не со всеми заинтересованными сторонами.

Также важной составляющей эффективных онлайн коммуникаций является контент, предоставляемый заинтересованным сторонам (таблица 1).

Таблица 1. Контент для выявленных заинтересованных сторон

№ п/п	Заинтересованная сторона	Интернет-площадки	Контент
1	2	3	4
1	Студенты	«Вконтакте» «Instagram»	Различные мероприятия (конференции, тренинги, собрания), актуальные новости с рынка труда, вакансии с возможностью совмещения с учебой, идеи для проведения досуга и информация о мероприятиях для проведения

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
2	Работодатель	«Facebook» Официальный сайт	Рейтинги студентов, достижения, особые навыки и личные качества студентов, информация о программах подготовки и переподготовки
3	Абитуриент	«Вконтакте» «Instagram» Официальный сайт	Статистические данные о трудоустройстве после окончания вуза, план и правила приема в вуз и возможность проживания достижения вуза данные о студенческой жизни и обучении в

На основе анализа проведенного выше можно сделать вывод о том, что эффективность онлайн-коммуникаций ЯГТУ низкая. Повысить ее можно только с построением коммуникаций со всеми заинтересованными сторонами, взаимодействовать с каждой из них только с помощью определенных социальных сетей, выкладывать только актуальный и востребованный контент для каждой заинтересованной стороны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Официальный сайт ЯГТУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ystu.ru/. Дата обращения: 24.02.2018.

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования / Электронный фонд правовой и нормативно – технической документации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru. Дата обращения: 24.02.2018.

3. Официальная группа ЯГТУ «Вконтакте» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vk.com/ystu. Дата обращения: 24.02.2018.

УДК 005.95:665.6

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ НА ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»

М.Э. Кузнецова, В.В. Кочерова

Научный руководитель – В.В. Кочерова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрен процесс управления персоналом на ОАО «Славнефть-ЯНОС», проведен анализ по 5 направлениям: подбор, аттестация, мотивация, развитие и осведомленность персонала. А также выявлена проблема нарушения техники безопасности и правил дорожного движения.

Ключевые слова: *управление персоналом, мотивация, развитие, осведомленность, подбор, аттестация персонала, анализ процесса.*

ANALYSIS OF THE PROCESS OF PERSONNEL MANAGEMENT AT «SLAVNEFT-YANOS»

M.E. Kuznetsova, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – V.V. Kocherova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

In the article the process of personnel management at JSC «Slavneft-YANOS» is considered, analysis is carried out in 5 directions: selection, certification, motivation, development and awareness of personnel. As well as the problem of violation of safety and traffic regulations has been identified.

Keywords: *personnel management, motivation, development, awareness, selection, personnel certification, process analysis.*

Сложившаяся в нашей стране сложная социально-экономическая ситуация, изменение экономической и политической систем одновременно, несут как большие возможности, так и серьёзные угрозы для каждой личности. Управление персоналом в такой обстановке приобретает особую значимость, позволяя обобщить и реализовать широкий спектр вопросов по адаптации и учёту личностного фактора в построении системы управления персоналом на предприятии.

В стандартах международной организации по стандартизации ИСО серии 9000 (дополнением к которым являются стандарты ИСО серии 10000) подчеркивается важность менеджмента человеческих ресурсов. При рассмотрении системы управления персоналом на предприятиях следует учитывать требования, установленные в стандартах:

– ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [1];

– ГОСТ Р ИСО 10018-2014 Менеджмент качества. Руководящие указания по вовлечению работников и их компетентности;

– ГОСТ Р ИСО 10015-2007 Менеджмент организации. Руководящие указания по обучению;

– ГОСТ Р ИСО 9004-2010 Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества.

В соответствии с п. 6.3.1 стандарта ГОСТ Р ИСО 9004-2010 «Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества» персонал является важным ресурсом любой организации, и его активное участие повышает способность организации создавать ценность для заинтересованных сторон. Высшему руководству следует, за счет своей лидирующей роли, формировать и поддерживать коллективное видение, коллективные ценности и внутреннюю среду, в которой персонал может быть полностью вовлечен в достижение целей организации [2].

В процессе совершенствования системы управления важным этапом является анализ процесса управления персоналом. Он необходим, чтобы определить причины, которые приводят к проблемам. Для того чтобы приступить к анализу процесса управление персоналом нам нужно понять, что же такое управление персоналом. По мнению Галенко В.П., «Управление персоналом − это комплекс взаимосвязанных экономических, организационных и социально-психологических методов, обеспечивающих эффективность трудовой деятельности и конкурентоспособность предприятий».

В качестве примера проанализируем процесс управления персоналом на предприятии ОАО «Славнефть-ЯНОС». Оно является крупнейшим предприятием Центральной России по производству продуктов нефтепереработки. Важнейшей составляющей системы управления предприятия на ОАО «Славнефть-ЯНОС», является система управления персоналом, поскольку качество продукции в первую очередь зависит от деятельности персонала, его ответственности, профессиональных знаний и умений, а также мотивации к труду. Далее рассмотрим сам процесс управления персоналом на ОАО «Славнефть-ЯНОС». Ответственность за процесс несет заместитель директора по общим вопросам – начальник

отдела кадров [3]. Процесс управления персоналом состоит из пяти подпроцессов, которые наглядно представлены в таблице 1.

Таблица 1. Описание процесса управления персоналом

№ п/п	Подпроцесс	Описание подпроцесса
1	Планирование персонала	Формирование перспективного плана по труду, определение необходимости комплектности, квалификации и компетентности персонала, формирование отчета по труду и анализ выполнения плана по труду
2	Укомплектование персонала	Прием, перевод, увольнение персонала
3	Подготовка персонала	Порядок обучения, подготовки, повышения квалификации, организация и проведение аттестации, организация и проведение практики
4	Персональное обслуживание работников	Порядок предоставления персоналу информации и документации о больничных листах, отпусках, о пенсиях, наградах, работа с персональными данными
5	Анализ результативности	Мониторинг, проведение оценки результативности

Существует множество показателей, так или иначе характеризующих деятельность по управлению персоналом. И невозможно выбрать какой-либо один, который мог бы всецело охарактеризовать результативность процесса управления персоналом. Поэтому анализ будем проводить по четырем выбранным направлениям: подбор, аттестация, мотивация и развитие персонала.

Подбор персонала осуществляется отделом кадров в соответствии с требованиями ТК РФ. Основное поступление на предприятие квалифицированных кадров и специалистов осуществляется из учебных заведений, таких как: ЯГТУ, ЯрГУ им. Демидова, ЯХМТ, ИГЭУ, ПУ № 8.

Анализ аттестации. Для определения соответствия рабочих мест требованиям нормативов и государственных стандартов на предприятии проводиться аттестация рабочих мест в соответствии с «Положением о порядке и проведении аттестации рабочих мест по условиям труда ОАО «Славнефть-ЯНОС». Из 2781 рабочих мест было аттестовано 2073 (74,5%) рабочих места, условно аттестовано 708 (25,5%) рабочих места. Аттестационная комиссия учитывает степень самостоятельности работ-

ника при выполнении должностных обязанностей, его ответственность за принятые решения, инициативное и творческое отношение к работе, эффективность и качество труда, а также опыт практической деятельности и знания по своей специальности.

Анализ мотивации. Большое внимание на предприятии уделяется охране здоровья работников. Ежегодно организуются конкурсы профессионального мастерства по разным специальностям, способствующие повышению уровня знаний и умений. А для усиления материальной заинтересованности рабочих, существуют поощрение денежными премиями, такими как, выплата работникам материальной помощи предоставления кредита. Несмотря на положительные выплаты, на предприятии введена система штрафов, из-за частого нарушения правил техники безопасности и правил дорожного движения.

Анализ развития персонала. На предприятии ежегодно реализуются программы обучения и переподготовки персонала. Каждый работник имеет возможность дополнительно повысить свою квалификацию за счет предприятия. В области профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации персоналов ОАО «Славнефть-ЯНОС» тесно сотрудничает с ведущими учебными заведениями города. Так, за 2015 год повысили квалификацию и получили вторую профессию 1689 чел. В программы обучения также включены вопросы техники безопасности, промышленной безопасности, пожаробезопасности, трудового законодательства и т.д.

Таким образом, проведя анализ процесса управления персоналом по четырем выбранным нами направлениям, которые характеризуют выполнение основных его функций. Можно сделать вывод, что на ОАО «Славнефть-ЯНОС» необходимо менять элементы системы управления персоналом, такие как профессиональная подготовка и развитие персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: Стандартинформ, 2015. 32 с.

2. ГОСТ Р ИСО 9004-2010 Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества [Текст]. Введ. 2011-06-01. М.: Стандартинформ, 2015. 47 с.

3. Официальный сайт ОАО «Славнефть-ЯНОС» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.refinery.yaroslavl.su/. Дата обращения: 15.02.2018.

УДК 005.931:665.6

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДОЙ НА ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»

О.В. Кузьмина, В.В. Кочерова

Научный руководитель – В.В. Кочерова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрен процесс управления производственной средой на ОАО «Славнефть-ЯНОС», проведен анализ ISO/DIS 45001 «Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда – Требования и рекомендации по применению». А также предложен план перехода на данный стандарт.

Ключевые слова: *производственная среда, условия труда, ОАО «Славнефть-ЯНОС», система менеджмента, международный стандарт, специальная оценка условий труда.*

IMPROVEMENT OF PRODUCTION ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PROCESSES AT JSC «SLAVNEFT-YANOS»

O.V. Kuzmina, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – V.V. Kocherova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article considers the process of managing the production environment at JSC «Slavneft-YANOS», the analysis of ISO / DIS 45001 «Health and Safety Management Systems - Requirements and recommendations for use» was conducted. And also proposed a plan for the transition to this standard.

Keywords: *Working environment, working conditions, JSC «Slavneft-YANOS», management system, international standard, special assessment of working conditions.*

Выбранная тема достаточно актуальна, так как большую часть времени активной жизнедеятельности человека занимает целенаправленная профессиональная работа, осуществляемая в условиях конкретной производственной среды, которая при несоблюдении принятых нормативных требований может неблагоприятно повлиять на его работоспособность и здоровье [1].

При написании статьи были использованы теоретические научные методы, включающие получение новых знаний, обработку данных эмпирическим методом, стандарты предприятия ОАО «Славнефть-ЯНОС», а также международные и национальные стандарты.

Авторы в своих работах освещают тему управления производственной средой, предлагая пути совершенствования механизмов и методов управления производственной средой. Наиболее знаменитыми авторами учебников являются Юртушкин В.И., Белов С.В.

Объектом исследования в курсовой работе является отдел охраны труда на ОАО «Славнефть-ЯНОС»

Предметом исследования выступает процесс «Управление производственной средой» на ОАО «Славнефть-ЯНОС»

Ново-Ярославский нефтеперерабатывающий завод (ОАО «Славнефть-ЯНОС») пущен в эксплуатацию в 1961 году. С 1995 года предприятие входит в состав вертикально-интегрированной нефтяной компании «Славнефть».

В настоящее время ОАО «Славнефть-ЯНОС» является одним из крупнейших нефтеперерабатывающих предприятий России. Установленная мощность по переработке сырья составляет 15 млн. тонн в год. Численность работников предприятия составляет около 3 тыс. человека. Расположен на 4-х производственных площадках (основная, товарно-сырьевая база, очистные сооружения и база оборудования). Площадь территории предприятия составляет 809,1 Га.

В 2018 году будет введен новый международный стандарт ISO/DIS 45001 «Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда – Требования и рекомендации по применению» и ОАО «Славнефть-ЯНОС» предстоит переход на данный международный стандарт [2].

Рассмотрим более подробно, что такое ISO/DIS 45001 .

ISO 45001 является международным стандартом, который определяет требования к безопасности и гигиене труда (OHSAS 18001) системы управления, с руководством по его использованию, чтобы позволить организации активно улучшить свою деятельность OHSAS 18001 в предотвращении травм и плохого здоровья [3].

ISO 45001 предназначен для применения к любой организации, независимо от ее размера, типа и природы. Все его требования призваны быть интегрированы в собственные процессы управления организации.

С учетом уже имеющихся систем менеджмента на ОАО «Славнефть-ЯНОС» можно предложить следующие этапы перехода на ISO/DIS 45001:

1. Анализ системы управления и подготовка плана ее доработки;
2. Разработка/доработка и отработка в производстве базовых процедур;
3. Подготовка курса и обучение рабочей группы внедрения;

4. Доработка/разработка описаний процессов СМК, СЭМ и СУБТ;
5. Оценка рисков и возможностей в области качества;
6. Идентификация и оценка экологических аспектов и оценка рисков и возможностей в области охраны окружающей среды;
7. Идентификация опасностей и оценка рисков и возможностей в области безопасности труда;
8. Доработка системных и операционных процедур, описания системы;
9. Подготовка курса и обучение требованиям доработанной системы и ее проверке внутренним аудитором;
10. Проверка системы внутренним аудитором и подготовка анализа системы руководством.

Главная цель стандарта ISO 45001 аналогична цели OHSAS 18001 – предоставить предприятиям всеобъемлющие и всесторонние рекомендации по разработке и внедрению эффективной системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья [3].

Наиболее существенными отличиями ISO 45001:2016 от OHSAS 18001 являются большая направленность нового стандарта на контекст организации и повышение роли руководства и высшего менеджмента в функционировании СМБТ и ОЗ.

Цель была достигнута, все поставленные задачи выполнены в полном объеме. В завершении всего, можно сделать вывод, что предприятие ОАО «Славнефть-ЯНОС» является одним из крупнейших предприятий России по производству продуктов нефтепереработки.

На предприятии осуществляется контроль производственных выбросов, а также проводится анализ влияния вредных производственных факторов на организм работников и окружающих людей, что позволяет сделать вывод о том, что предприятие заботится о жизни и здоровье своих работников, а также об окружающей среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. № 426 «О специальной оценке условий труда» [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.cntd.ru. Дата обращения: 10.02.2018.
2. Официальный сайт «Славнефть-ЯНОС» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.refinery.yaroslavl.su/index.php?module=content&mode=pages&name=production&name2=kachestvo. Дата обращения: 10.02.2018.
3. ISO/DIS 45001 Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда – Требования и рекомендации по применению [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.iso.org/standard/63787.html. Дата обращения: 10.02.2018.

УДК 371.38

ПРОЦЕДУРА ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

Е.А. Левина, В.А. Смирнова, С.А. Царева, В.А. Голкина

Научный руководитель – В.А. Голкина, канд. техн. наук

Ярославский государственный технический университет

В статье представлена методика работы экспертной группы при процедуре оценки профессионально-образовательных программ. Представлены основные этапы обработки результатов экспертной оценки.

Ключевые слова: *профессионально-образовательная программа, экспертная группа, методика работы экспертной группы.*

PROCEDURE OF ASSESSMENT OF PROFESSIONAL EDUCATIONAL PROGRAMS

E.A. Levina, V.A. Smirnova, S.A. Tsareva, V.A. Golkina

Scientific Supervisor – V.A. Golkina, Candidate of Technical Sciences

Yaroslavl State Technical University

The article presents the method for the work of the expert group in the procedure for assessing professional and educational programs. The article shows the main stages of processing the results of expert evaluation.

Keywords: *professional education programs, expert group, method of the expert group.*

Государственно-общественный характер управления образованием проявляется в возможности применения процедур общественного контроля качества образования, среди которых в Федеральном законе № 273 от 29 декабря 2012 г. «Об образовании в Российской Федерации» выделяются независимая оценка качества образования, общественная аккредитация образовательных организаций, профессионально-общественная аккредитация образовательных программ [1].

Профессионально-общественная аккредитация образовательных программ (далее – ПОА) является одним из новых направлений независимой оценки качества образования в Российской Федерации. ПОА – это

оценка и признание высокого качества реализации образовательных программ и подготовки специалистов на соответствие требованиям соответствующих профессиональных стандартов.

Для работодателей ПОА означает, что выпускник владеет теми знаниями и навыками, которые потребуются на рабочем месте, иными словами, нет разрыва между целями образовательной программы и требованиями бизнеса. Как отмечается в [2] участие в процедуре ПОА позволит избежать противоречий в работе ВУЗов и работодателей. Отмеченный факт даст возможность сэкономить ресурсы и время, создать согласованную и эффективную систему оценки всех специалистов финансового рынка».

Для образовательных организаций законодательство предусматривает добровольный характер проведения ПОА. Однако ее результаты могут:

- рассматриваться при проведении государственной аккредитации;
- использоваться при формировании рейтингов образовательных программ и реализующих их организаций;
- учитываться в процедурах распределения контрольных цифр приема на обучение за счет бюджетных ассигнований;
- использоваться в процедурах межвузовского и международного сотрудничества, а также для усиления имиджа образовательной организации.

К экспертным организациям предъявляются требования:

- репутация в области профессиональной деятельности, соответствующей профилю аккредитуемой программы;
- независимость принятия решений и подготовки экспертных заключений;
- ресурсы, достаточные для проведения аккредитационной экспертизы.

Методика работы экспертной группы для оценки профессионально-образовательных программ состоит из следующих этапов:

1) подача заявки на прохождение процедуры оценки профессионально-образовательных программ (заявку можно оставить на официальном сайте организации).

2) обучение сотрудников образовательного учреждения методике внутреннего образовательного аудита.

3) подготовка образовательной организацией отчета о самообследовании и сбор необходимой информации (информационные материалы, бланки анкет и так далее).

4) формирование команды сертифицированных экспертов.

Эксперты должны быть компетентными в данных вопросах, а также должны обладать определенным опытом в областях, соответствующих решаемым задачам.

В состав экспертной команды входят:

- менеджер проекта;
- эксперт, представляющий образовательное сообщество;
- эксперт, представляющий рынок труда;
- эксперт, представляющий студенческое сообщество.

5) Камеральный анализ отчёта о самообследовании экспертами.

6) Экспертный визит в образовательное учреждение. Проведение самой экспертизы.

7) Проводится полный анализ результатов (то есть обрабатываются экспертные оценки).

8) Подготавливается и составляется отчет с результатами экспертного оценивания.

После проведения процедуры оценки группой экспертов осуществляется обработка результатов. Целью обработки является получение обобщенных данных и новой информации, содержащейся в скрытой форме в экспертных оценках. На основе результатов обработки формируется решение проблемы. Наличие, как числовых данных, так и содержательных высказываний экспертов приводит к необходимости применения качественных и количественных методов обработки результатов группового экспертного оценивания.

Основные этапы обработки результатов экспертной оценки:

1) Определяются наиболее важные факторы, оказывающие влияние на результаты оценки, составляется перечень критериев.

2) Критериям присваиваются веса в зависимости от их важности.

3) Качественные оценки по каждому из названных критериев («низкий уровень», «средний уровень», «высокий уровень») выражаются количественно.

4) Общая оценка по данной системе получается путем перемножения веса критерия на количественную оценку параметра. Полученные данные по каждому критерию суммируются (1).

$$К = \sum a_i * b_j * k_J, \quad (1)$$

где a_i и b_j – весовые коэффициенты в разрезе группы и всего перечня соответственно; k_j – количественная оценка параметра.

5) Итоговая средняя балльная оценка по каждому показателю рассчитывается как среднее арифметическое балльных оценок каждого эксперта, округлённое до целого числа по правилам математического округления. Итоговая балльная оценка по каждому показателю, рассчитывается как среднее арифметическое балльных оценок всех респондентов,

принявших участие в опросе, округлённое до целого числа по правилам математического округления.

6) После подсчета итоговых значений составляется экспертное заключение (независимый отчет). Данный отчет содержит балльную оценку по каждой категории, которая позволит организации сопоставить свой уровень с эталонным.

Обработка результатов экспертизы представляет собой трудоемкий процесс. Выполнение операций вычисления оценок и показателей их надежности вручную связано с большими трудовыми затратами даже в случае решения простых задач упорядочения. В связи с этим целесообразно использовать вычислительную технику. Применение ЭВМ выдвигает проблему разработки машинных программ, реализующих алгоритмы обработки результатов экспертного оценивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Текст]. М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2012. 118 с.
2. Российский союз промышленников и предпринимателей [Электронный ресурс]. Пресс-центр. Режим доступа: http://рспп.рф. Дата обращения: 15.02.2018.

УДК 006(075.32)

ПОДВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ ЛЁГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

К.В. Лукина, С.А. Царева

Научный руководитель – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье обозначена необходимость процедуры подтверждения соответствия продукции в условиях разработки и внедрения системы менеджмента качества на предприятии лёгкой промышленности.

Ключевые слова: *подтверждение соответствия, система менеджмента качества.*

CONFORMITY OF THE LIGHT INDUSTRY PRODUCE AS THE NECESSARY CONDITION FOR DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

K.V. Lukina, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article outlines the need for a procedure for confirming of product quality in the context of development and implementation of quality management system at a light industry enterprise.

Keywords: *conformity assessment, quality management system.*

В качестве объекта исследования выступает продукция предприятия ООО «Североход», узнаваемая потребителями по бренду «SPINE». Главным направлением деятельности фабрики является производство ботинок для катания на лыжах. Предприятие использует новые технологии, закупает высококачественные материалы у своих постоянных по-

ставщиков, проводит лабораторные испытания готовой продукции и сырья. Всё это позволяет фабрике делать свою продукцию более удобной, качественной и доступной по цене.

В условиях снятия технического барьера в торговле процедура подтверждения соответствия «Северохода» основана на Техническом регламенте Таможенного союза (ТР ТС) «О безопасности продукции лёгкой промышленности» (017/2011).

Согласно рассматриваемому ТР ТС обувь характеризуется показателями механической, биологической и химической безопасности. Примеры показателей приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели безопасности обуви, согласно ТР ТС 017/2011 (извлечение) [1]

Показатель	Характеристика показателя
Механический	Прочность крепления подошвы и деталей низа обуви; прочность крепления каблука; стойкость подошвы к многократному изгибу; ударная прочность подошвы
Биологический	Гибкость; водонепроницаемость
Химический	Массовая доля водовымываемого хрома

Формой подтверждения соответствия выпускаемой продукции ТР ТС на рассматриваемом предприятии является декларирование. По завершению всех этапов этого процесса продукция удостоверяется документом – декларацией о соответствии.

Актуальную версию декларации фабрика получила в 2016 году, сроком действия на 5 лет. Лыжные ботинки выпускаются в соответствии с ГОСТ 26167-2005 и ГОСТ Р 7472-78 [2, 3], а также соответствуют требованиям ТР ТС «О безопасности продукции лёгкой промышленности». А именно, процесс декларирования фабрики происходит по схеме 3д, для которой характерен серийный выпуск продукции. Способами подтверждения соответствия в отмеченной схеме являются: проведение анализа технической документации; осуществлении производственного контроля, проведение испытаний образцов продукции; принятии и регистрации декларации о соответствии; нанесение единого знака обращения [1]. Выбор схемы декларирования соответствия обусловлен сложившимися условиями на предприятии по разработке и внедрению системы

менеджмента качества (СМК). К критериальному способу подтверждения соответствия относят анализ технической документации (анализ систем). Поэтому актуальность реализации самооценки разработанной системы менеджмента качества не вызывает сомнения [4].

Самооценка сложившихся условий по разработке и внедрению системы менеджмента качества показала, что необходимо усилить подготовку ряда документов в области качества, а именно: документированные процедуры, соответствующие международному стандарту ИСО 9001:2015; рабочие, контрольные инструкции, которые регламентируют деятельность подразделений; технологическую, распорядительную, финансовую, плановую, контрактную, документацию по технике безопасности и охране труда; стандарты, описывающие технические условия изготовляемой продукции.

Таким образом, сложившаяся практика оценки соответствия выпускаемой продукции ООО «Североход» создаёт все необходимые условия для устойчивого и эффективного функционирования разработанной СМК. А именно, на предприятии уже действует система проведения мониторинга и измерения параметров, отражающих контроль технологических процессов, регистрирующих качество выпускаемой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 017/2011) «О безопасности продукции легкой промышленности» [Текст]. М.: Стандартинформ, 2011. 44 с.
2. ГОСТ 26167-2005 Обувь повседневная. Общие технические условия [Текст]. Введ. 2007-01-01. М.: Стандартинформ, 2006. 16 с.
3. ГОСТ 7472-78 Обувь лыжная. Технические условия [Текст]. Введ. 1980-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 11 с.
4. *Колчков В.И.* Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебное пособие / В.И. Колчков. М., 2015. 106 с.

УДК 37.04:378.4

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЯРОСЛАВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

М.В. Макарова, А.С. Степанова

Научный руководитель – А.С. Степанова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается порядок организации профориентационной деятельности в ЯГТУ. Выявлены основные проблемы в организации профориентационной деятельности. Предложена процедура по организации профориентационной деятельности на кафедрах ЯГТУ.

***Ключевые слова**: профориетационная работа, самоопределение, формы работы, план мероприятий, процедура проведения.*

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF CAREER GUIDANCE IN YAROSLAVL STATE TECHNICAL UNIVERSITY

M.V. Makarova, A.S. Stepanova

Scientific Supervisor – A.S. Stepanova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The system of the organization of professional orientation activity in the YSTU is considered. The main problems in the organization of career guidance have been identified. A procedure for organizing career guidance at the departments of the YSTU is proposed.

***Keywords**: career guidance, self-determination, forms of work, action plan, procedure.*

Профессия в сознании человека нередко связана с судьбой. Смысл профориентационной работы в высшем учебном заведении заключается в том, чтобы помочь абитуриентам и их родителям безошибочно определиться в мире современных профессий и сделать правильный выбор в будущее.

В мире часто стал подниматься вопрос, связанный с проблемами профессионального образования. И здесь профориентационная работа играет важную роль. Это целый ряд мероприятий, направленный на самоопределение молодых людей, вступающих во взрослую жизнь [1, 2].

Среди основных процессов в системе менеджмента качества ЯГТУ выделен процесс «Маркентинг» (ОП 01), входными данными для которого являются, в том числе, требования к планированию и проведению профориентационной работы. Выходными данными в этой части процесса является отчет о проведении мероприятий по профориентационной работе.

Профориентационная работа в вузе ведется факультетами, кафедрами, приемной комиссией, студентами и другими подразделениями на уровне области и региона.

Профориентационная работа и формирование студенческого контингента осуществляется на основе образовательной системы, форм, методов и средств воздействия, ставящих в качестве специальной задачи изучение способностей абитуриентов, их профессиональный отбор на специальности и направления подготовки, а также главной задачей ставится привлечение обучающихся к получению высшего образования именно в ЯГТУ.

Проанализировав работу подразделений ЯГТУ в части профориентационной деятельности, были получены следующие результаты:

– осуществляет работу Центр профильной подготовки, проводятся занятия со школьниками;

– на площадке ЯГТУ проводятся отборочные и заключительные этапы олимпиад школьников;

– открыт Летний лагерь для школьников на базе ЯГТУ, где проводят занятия по трем предметам профильной подготовки: химия, черчение и информатика;

– заключены договора с туристическими агентствами на организацию и проведение образовательных экскурсий для старшеклассников;

– ежегодно проводится внутри вузовское мероприятие «День открытых дверей»;

– осуществляется систематическое обновление информации на официальном сайте ЯГТУ по приему в вуз;

– проводятся бесплатные открытые лекции по профильным предметам в школах Ярославля и Ярославской области;

– вуз принимает участие в ярмарках образования Вологодской области (г. Вологда и г. Череповец).

Несмотря на корректную и бесперебойную работу по профориентационной деятельности в ЯГТУ, необходимо констатировать, что профессорско-преподавательский состав кафедр ведет слабую активность

как в информировании и презентации кафедр ЯГТУ, так и в прямом общении с абитуриентами и их родителями.

Для решения данной проблемы и привлечения профессорско-преподавательского состава вуза к участию в данной деятельности, был разработан стандарт организации «Порядок организации профориентационной деятельности в ЯГТУ», устанавливающий порядок действий и мероприятий кафедр в отношении профорентационной деятельности.

Внедрение данного стандарта позволит согласовано и системно осуществлять профориентационную деятельность, что, несомненно, улучшит понимание и сложит представление абитуриентов об обучении по тем или иным направлениям подготовки, представленным в вузе, а также даст представление о составе и перечне дисциплин и их специфике согласно направлению подготовки.

В стандарте описана процедура порядка организации профориентационной деятельности в ЯГТУ, основными целями которой являются:

– привлечение профессорско-преподавательского состава кафедр к данной работе;
– прямое общение преподаватель-абитуриент;
– профессиональная реклама [3].

Процедура порядка организации профориентационной деятельности на кафедрах ЯГТУ представлена в общем виде на рис. 1.

Значимость проведения профориентационных работ на кафедрах ЯГТУ очень высока, так как именно это побуждает абитуриентов сделать правильный выбор в профессиональной сфере, с которой они в будущем свяжут свою профессиональную деятельность. Также в результате проведенных профориентационных мероприятий на кафедрах и представления детализированного описания как самих кафедр, так и направлений подготовки, к абитуриентам приходит понимание сферы деятельности с которой им предстоит связать свою жизнь.

Таким образом, подробное описание процедуры порядка организации профориентационной деятельности на кафедрах ЯГТУ позволит профессорско-преподавательскому составу тщательно прорабатывать методы, применяемые в общении с абитуриентами, а также прорабатывать и проводить мероприятия на достойном уровне, что положительно отразится на имидже Вуза в целом и кафедр в частности. Становится очевидным, что необходимо повышать эффективность мероприятий, направленных на формирование профессионального самоопределения выпускников.

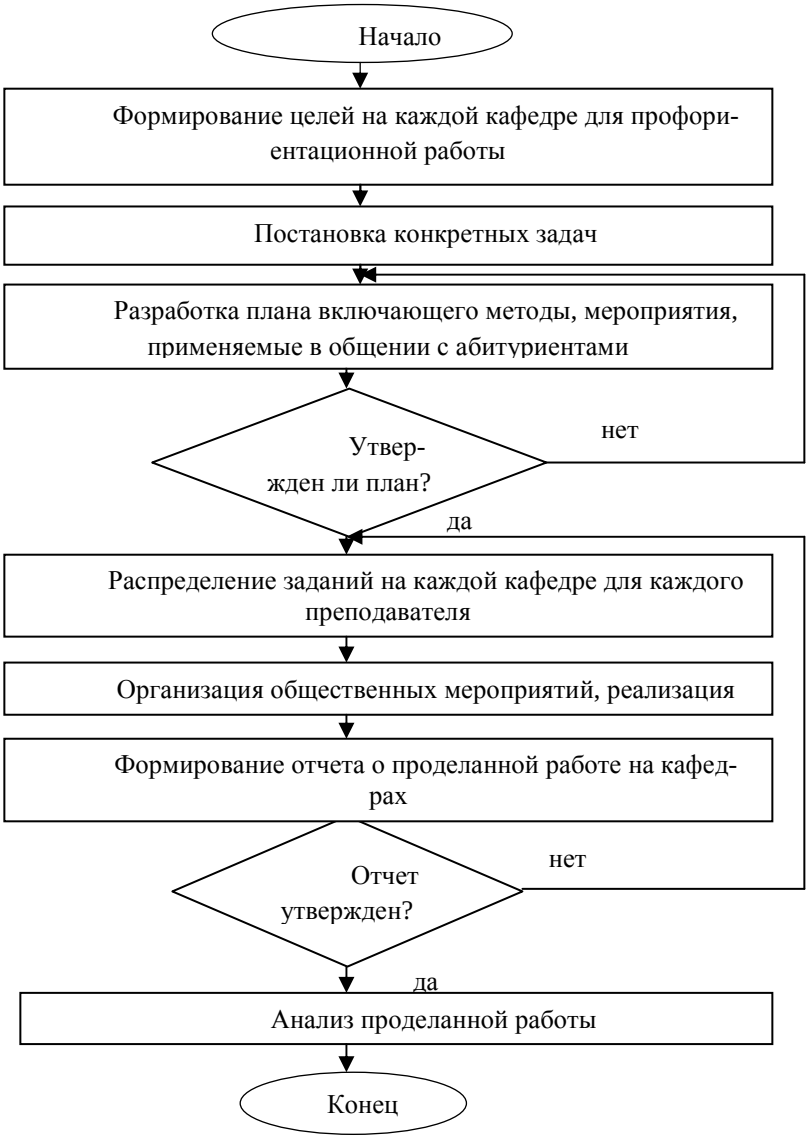


Рис. 1. Процедура проведения профориентационных работ кафедры

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные формы профориентационной работы в ВУЗах [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://e-koncept.ru/2017/574011.html. Дата обращения 18.02.2018.

2. Организация профориентационной деятельности в ВУЗе: проблемы и направления развития [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://scienceproblems.ru/organizatsija-proforientatsionnoj-dejatelnosti-v-vuze-problemy-i-napravlenija-razvitija.html. Дата обращения 19.02.2018.

3. Официальный сайт ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ystu.ru/. Дата обращения 19.02.2018.

УДК 159.964.26

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА АССОРТИМЕНТА НА ПРИМЕРЕ РОЗНИЧНОГО МАГАЗИНА ДЕКАТЛОН В Г. ЯРОСЛАВЛЬ

А.Е. Напиденина

Научный руководитель − С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье показан анализ ассортимента товаров отдела «питание» спортивного магазина Декатлон в г. Ярославль.

Ключевые слова: *ассортимент товара, коэффициент ассортимента, показатели оценки качества ассортимента.*

SELECTION AND RATIONALE OF QUALITY CRITERIA OF THE ASSORTMENT ON THE EXAMPLE OF THE RETAIL STORE DECATLON IN THE CITY OF YAROSLAVL

A.E. Napidenina

Scientific Supervisor – S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

In this article, an analysis of the assortment of goods of the «food» department of the Decathlon sports shop in Yaroslavl sity.

Keywords*: assortment of goods, coefficient of assortment, quality assurance indicators.*

Декатлон – спортивный ритейл, который приступил к производству и дизайну своей собственной продукции в 80-х годах. Так основатели имеют возможность самостоятельно устанавливать цену, чтобы делать спортивные товары доступными. Приоритет компании — создание устойчивых ценностей для наших сотрудников, клиентов, пользователей, партнеров, граждан и акционеров. Предлагая на рынке свои бренды и используя различные формы продаж, Декатлон стремится быть ответст-

венным участником экологической и социальной жизни тех регионов, в которых размещаются предприятия сети.

Товарный ассортимент представляет собой всю совокупность товаров предприятия, которая объединена определенным признаком (или группой признаков), наиболее отвечает ожиданиям потребителей и удовлетворяет их потребности, а также приносит основную часть дохода компании.

Декатлон Ярославль имеет в своём ассортиментном перечне товаров 47 консолидаций, разделенных по видам спорта. Каждая консолидация подразделяется в среднем на 3 отдела, отражающие более точные направления спорта (например, сектор «ходьба» разделяется на группу «спортивная ходьба»). Далее отдел разделяется на подотделы по использованию (например, мужское, женское, детское, аксессуары и т.п.), включая в себя от 1 до 8 наименований. Подотдел насчитывает от 5 до 30 артикулов на модель. Каждая модель имеет в среднем 8 размеров. На площади 3000 м^2 собрано несколько тысяч наименований товарных позиций [1].

В данной работе проанализирован отдел «питание», включающий в себя 2 подотдела: «напитки» и «батончики, гели». Товарооборот всей консолидации составляет 0,77% от общего ТО магазина. В таблицах 1 и 2 представлены результаты расчета коэффициентов полноты, глубины и устойчивости ассортимента на январь 2018 года.

Таблица 1. Анализ коэффициентов полноты и широты ассортимента

Подгруппа товаров по функциональному назначению	Количество разновидностей товаров в группе, шт.		Показатели оценки ассортимента	
	Возможное	Фактическое	Глубина	Полнота
Напитки	14	14	1	1
Батончики, гели	23	15	0,65	0,65

Полнота ассортимента выбирается с учетом общих целей и задач, которые ставит перед собой розничное предприятие.

Таблица 2. Анализ коэффициента устойчивости ассортимента

Подгруппа товаров по функциональному назначению	Общее число рабочих дней (T)	Число дней наличия товара в продаже (t)	Коэффициент устойчивости ассортимента ($K_у$)
Напитки	31	31	1
Батончики, гели	31	31	1

В таблице 3 представлены результаты анализа обновляемости ассортимента за 2017 год. Несбалансированный ассортимент приводит к снижению покупательской активности.

Ассортимент ежегодно пополняется и обновляется. Компания направляет свою деятельность на развитие товаров, выпускаемых под собственными брендами, что приводит к постепенной ликвидации ассортимента, выпускаемого под другими, привычными для покупателя торговыми марками.

Таблица 3. Анализ показателей коэффициента обновляемости ассортимента 2017 год

Наименование товарной группы	Количество новых изделий в товарной группе	Количество наименований в данной товарной группе согласно ассортиментному перечню	Коэффициент обновления номенклатуры ($К_о$)
Напитки	5	14	0,26
Батончики, гели	5	23	0,21

Прирост подотдела «напитки» по количеству продаваемых товаров относительно прошлого года составил 35,87% за январь – февраль 2018 года. Прирост подотдела «батончики, гели» составил 54,53%, несмотря на то, что показатель полноты ассортимента значительно отличен от 1.

Данные показатели были рассчитаны по следующим формулам.

Для определения коэффициента полноты используется формула (1):

$$К_п = П_д / П_б, \quad (1)$$

где $К_п$ – коэффициент полноты; $П_б$ – полнота базовая; $П_д$ – полнота действительная.

Для формирования оптимального торгового ассортимента также важна глубина ассортимента – количество разновидностей товаров по каждому наименованию. Глубина ассортимента определяется числом разновидностей товаров по каждому наименованию.

Коэффициент глубины ассортимента оценивают по формуле (2):

$$К_г = Р_ф / Р_н, \quad (2)$$

где $Р_ф$ – фактическое количество разновидностей товаров на момент проверки, ед.; $Р_н$ – количество разновидностей, предусмотренное ассортиментным перечнем, условиями договора, прейскурантами и т.п., ед.

Стабилизация ассортимента – это состояние набора товаров, характеризующееся высокой устойчивостью и низкой степенью обновления. Это достаточно редкое состояние ассортимента, присущее в основном ассортименту пищевых продуктов повседневного спроса. Под устойчивостью ассортимента понимается способность набора товаров удовле-

творять спрос на одни и те же товары. Характеризуется коэффициентом устойчивости [2–4].

Коэффициент устойчивости рассчитывается по следующей формуле (3):

$$К_у = t/ Т_д, \quad (3)$$

где $К_у$ – коэффициент устойчивости; t – число дней наличия товара в продаже; Т – общее число рабочих дней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Декатлон [Электронный ресурс]. СМИ. М., 2018. Режим доступа: https://www.decathlon.ru/about-us.html. Дата обращения: 25.02.2018.

2. *Дмитриченко М.И.* Управление ассортиментом товаров на торговых предприятиях современного формата [Электронный ресурс] / М.И. Дмитриченко, О.С. Зыбин, А.Л. Киятов // ТТПС, 2013. № 4 (26). Режим доступа: http://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-assortimentom-tovarov-na-torgovyh-predpriyatiyah-sovremennogo-formata. Дата обращения: 25.02.2018.

3. *Балакирев С.* Управление товарным ассортиментом [Текст] / С. Балакирев // Современная торговля, 2011. № 2. С. 26–33.

4. *Воронина А.М.* Товарный ассортимент производственной компании: теоретическая сущность и методы оценки [Электронный ресурс] / А.М. Воронина, Е.С. Сергиенко // Современные научные исследования и инновации, 2015. Режим доступа: http://web.snauka.ru/issues/2015/12/60556. Дата обращения: 25.02.2018.

УДК 347.454:378.4

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА «АУТСОРСИНГ УСЛУГ» ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ЯГТУ

М.А. Петрова, А.С. Степанова

Научный руководитель – А.С. Степанова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается проект внедрения «Аутсорсинга услуг» при управлении инфраструктурой ЯГТУ, его экономическая эффективность и этапы реализации.

Ключевые слова: *управление инфраструктурой, аутсорсинг услуг, управление проектом, клининг, затраты, экономический анализ.*

REALIZATION OF THE PROJECT «OUTSOURCING SERVICES» IN MANAGEMENT OF YSTU INFRASTRUCTURE

M.A. Petrova, A.S. Stepanova

Scientific Supervisor – A.S. Stepanova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article considers the project of «Outsourcing services» in the management of YSTU infrastructure, its economic efficiency and implementation stages.

Keywords: *infrastructure management, outsourcing services, management project, cleaning, cost, economic analysis.*

В распоряжении Ярославского государственного технического университета находится обширная инфраструктура, включающая в себя большое количество корпусов и помещений. Комплекс элементов и функций инфраструктуры ЯГТУ создает производственные, социальные и информационные условия для функционирования образовательного процесса. Состояние инфраструктуры оказывает влияние на здоровье и безопасность преподавателей, сотрудников и студентов вуза.

Анализ удовлетворенности потребителей показал, что большая часть преподавательского состава, студентов и сотрудников ЯГТУ не удовлетворена состоянием помещений, конкретно качеством их уборки.

Актуальным механизмом решения данной проблемы является применение аутсорсинга в рамках управления инфраструктурой вуза, что несомненно повысит качество оказываемых услуг и снизит финансовые затраты на данную деятельность.

Согласно ГОСТ Р 56781-2015 «аутсорсинг – это передача услуг или функций от одной организации внешним провайдерам» [1].

Основанием для применения аутсорсинга является ряд получаемых преимуществ:

– возможность перенесения части рисков на организацию-аутсорсера;

– улучшение качества выполняемых работ (ответственность за качество несет организация-исполнитель);

– сокращение численности сотрудников (снижение затрат на оплату труда, отпуска и страховые взносы);

– экономия расходов на содержание имущества;

– концентрация внимания руководства на образовательной деятельности;

– возможность привлечения квалифицированных специалистов.

Переход на аутсорсинг в ЯГТУ планируется начать с организации работ по уборке помещений корпуса «А» с привлечением клининговой компании.

Клининговые компании – это специализированные компании-профессионалы, которые занимаются наведением чистоты и порядка по высшим стандартам, используя профессиональное оборудование и инвентарь. Клининговые компании позволяют получить услуги высшего качества по хорошей цене, тем самым уменьшив издержки на содержание административно-хозяйственного отдела ЯГТУ, а также минимизировать риски благодаря устранению проблем с исполнением стандартов чистоты, наймом обслуживающего персонала и снабжением.

Несмотря на разнообразие получаемых преимуществ, основным для университета, как правило, является экономический аспект. В целях выявления экономической эффективности проведем сравнительный анализ стоимости использования идеи аутсорсинга клининговых услуг и выполнения функции уборки административно-хозяйственным отделом ЯГТУ [2, 3].

Исходные данные для расчета затрат на выполнение функции уборки административно-хозяйственным отделом ЯГТУ:

1) Площадь уборки = 7 000 кв. м.
2) Количество работников: 20 человек (5 дней в неделю).
3) Прямые расходы (фактические) в год:

Фонд оплаты труда сотрудников за год: 1 440 000 руб. (включая отпускные).

Начисления на оплату труда (34,2%): 492 480 руб.

Затраты на листки нетрудоспособности – 75 000 руб.

Спецодежда: 2 костюма/чел. на 2 года.

40 костюмов х 500 руб. = 20 000: 2 = 10 000 руб./год.

Инвентарь: 20 000 руб./год.

Дезинфицирующие средства: 60 000 руб.

Фактические (прямые) расходы на уборку собственными силами в год составили 2 097 480 рублей.

Косвенные (непрямые) затраты – заработная плата административно-управленческого персонала, налоги, содержание помещений, техническое обслуживание – 15% от фактических расходов – 314 622 руб.

Итого сумма расходов на уборку административно-хозяйственным отделом ЯГТУ в год составляет: 2 412 102 руб.

Приобретение услуг по уборке (обслуживание клининговой компанией на контрактной основе):

Уборка на контрактной основе – 25 руб./мес. за 1 кв. м.

25 руб./кв. м х 12 мес. х 7 000 кв. м = 2 100 000 руб./год.

Прямые затраты на клининговые услуги в год составят 2 100 000 руб.

Экономия от использования компании-аутсорсера, выявленная в ходе экономического анализа, составляет 312 102 руб./год (12,9%). Следовательно, при управлении инфраструктурой ЯГТУ целесообразен проект перехода на аутсорсинг услуг.

Этапы реализации проекта представлены на рис. 1.

Таким образом, результаты анализа эффективности перехода на аутсорсинг позволили выявить необходимость сотрудничества с компаниями-аутсорсерами, в первую очередь в области клининга. Также на основе полученных результатов анализа предложена блок-схема реализации проекта перехода на аутсорсинг. Внедрение проекта аутсорсинга при управлении инфраструктурой ЯГТУ позволит снизить затраты в данном поддерживающем процессе СМК, повысить качество предоставляемых услуг и обеспечить наиболее высокий уровень конкурентоспособности организации.

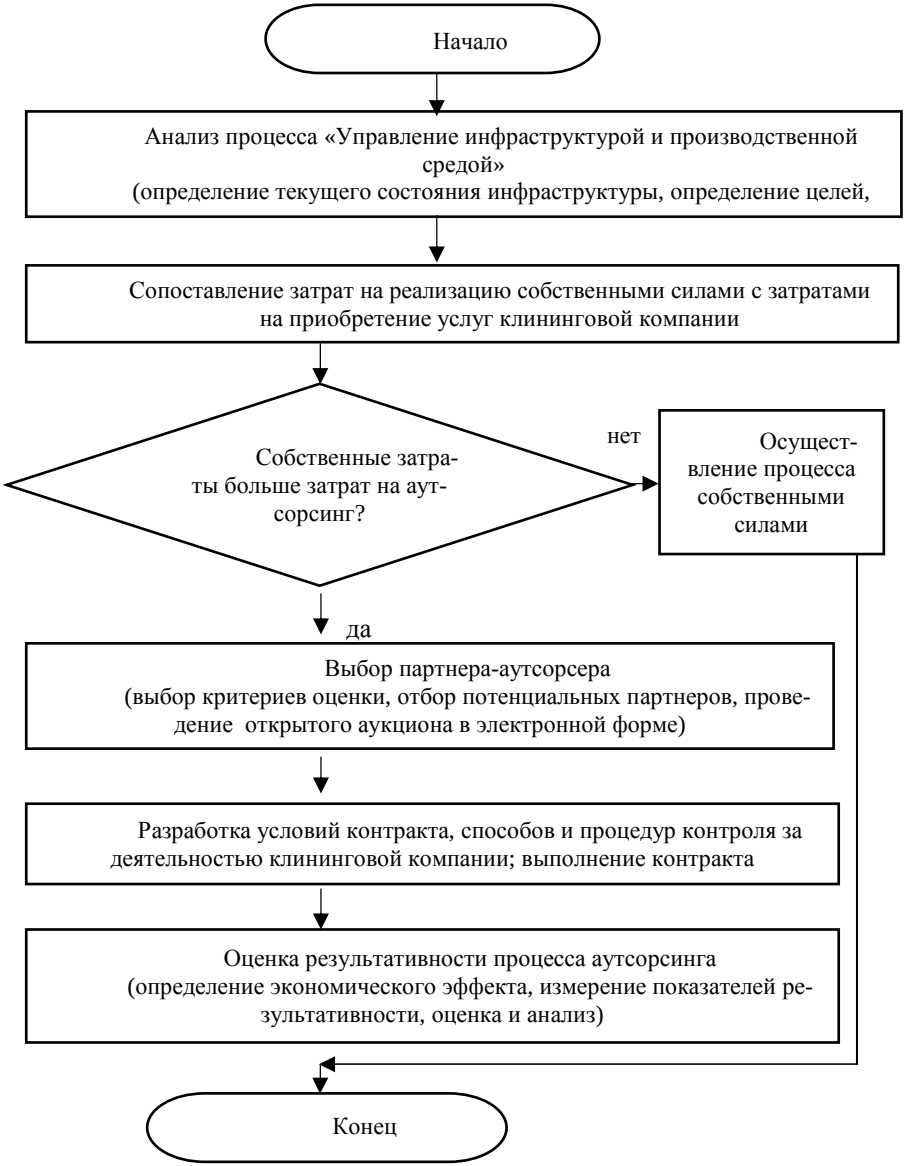


Рис. 1. Блок-схема реализации проекта «Аутсорсинг клининговых услуг»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 56781-2015 Бенчмаркинг служб аутсорсинга и провайдеров услуг аутсорсинга [Текст]. Введ. 2016.10.01 М.: Стандартинформ, 2016. 3 с.

2. Официальный сайт ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ystu.ru/. Дата обращения 20.02.2018.

3. Сущность понятия аутсорсинг. Основные виды аутсорсинга. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://helpiks.org/6-45449.html. Дата обращения 18.02.2018.

УДК 006.06

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»

Д.А. Полетова, С.А. Царева

Научный руководитель – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрена методика оценки результативности интегрированной системы менеджмента ОАО «Славнефть-ЯНОС», функционирование которой направлено на взаимосогласованное управление качеством, безопасностью, экологией с целью обеспечения конкурентоспособности выпускаемых нефтепродуктов.

Ключевые слова: *интегрированная система менеджмента, результативность.*

THE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM ON THE EXAMPLE OF JSC «SLAVNEFT-YANOS»

D.A. Poletova, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers the methodology for assessing the effectiveness of an integrated management system of JSC «Slavneft-Yanos», the operation of which is aimed at mutually agreed management of quality, safety, and ecology in order to ensure the competitiveness of produced oil products.

Keywords: *integrated management system, effectiveness.*

На крупнейшем предприятии Центральной России ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез» по производству нефтепродуктов внедрена и действует интегрированная система менеджмента (ИСМ), которая включает в себя систему менеджмента качества (СМК), систему эко-

логического менеджмента (СЭМ), систему менеджмента профессиональной безопасности и охраны труда (СМБ), отвечающие требованиям ISO 9001, ISO 14001 и OHSAS 18001 соответственно.

ИСМ представляет собой часть системы общего менеджмента, отвечающую требованиям двух или более международных стандартов и функционирующую как единое целое [1].

Действующая ИСМ ОАО «Славнефть-ЯНОС» позволяет не только управлять самим процессом производства, но и выпускать экологически чистые нефтепродукты с одновременным сокращением негативного влияния производственной деятельности на окружающую среду; осуществлять контроль над опасными производственными факторами; управлять рисками, возникающими в процессе производственной деятельности; предотвращать инциденты, аварии, нештатные ситуации.

Необходимым условием функционирования и улучшения ИСМ является оценка ее результативности, которая показывает степень реализации запланированной деятельности и достижения всех запланированных результатов.

Поскольку на сегодняшний день общепризнанной, нормативно-закрепленной методики оценки результативности ИСМ не существует, то для проведения оценки актуальным вопросом является её разработка. Данная методика разрабатывается с учетом видов деятельности предприятия и требований применяемых стандартов для того, чтобы отследить изменения в деятельности предприятия, определить степень выполнения запланированных задач и достижения запланированных результатов.

Результативность интегрированной системы менеджмента ОАО «Славнефть-ЯНОС» оценивается и анализируется на основе данных мониторинга процессов, а также внутренних аудитов.

Методика оценки результативности ИСМ состоит из следующих этапов:

1) Определение критериев оценки.

Для каждой системы определяются критерии их функционирования, на основе предъявляемых к ним требований стандартов, а также назначаются их установленные значения, по которым будет определяться результативность.

Анализ и оценивание данных по функционированию СМК, СЭМ и СМБ выполняется по критериям согласно следующим процедурам:

– СМК-ПК-12 «Анализ результативности СМК» [2];
– СМК-ПК-3 «Анализ результативности СМБ» [3];
– СМК-ПК-4 «Анализ результативности СЭМ» [4].

2) Расчет критериев.

Проводится вычисление отношений между фактическими и плановыми значениями по каждому критерию, которые в дальнейшем будут использоваться для определения результативности систем.

3) Определение результативности каждой системы менеджмента.

Экспертным методом определяется значимость показателей каждой системы менеджмента. В качестве экспертов выступают руководители структурных подразделений и представители высшего руководства.

Результативность систем менеджмента рассчитывается по формуле (1):

$$К_{РЕЗ\ i} = \sum_{i=1}^{n} К_i * \delta_i\ , \qquad (1)$$

где $К_i$ – i-й показатель; δ_i – весовой коэффициент; n – количество показателей.

4) Определение результативности ИСМ.

Проведя оценку результативности всех систем менеджмента, входящих в ИСМ, рассчитывается результативность ИСМ по формуле (2):

$$К_{РЕЗ} = \sum_{i=1}^{n} К_{РЕЗ\ i} * \alpha_i, \qquad (2)$$

где $К_{РЕЗ\ i}$ – результативность i-й системы менеджмента; α_i– весовой коэффициент системы; n – количество систем менеджмента.

Весовые коэффициенты для систем менеджмента определяются также экспертным методом, ссылаясь при этом на политику и миссию предприятия, требования заинтересованных сторон и на другие аспекты деятельности предприятия.

5) Определение уровня функционирования ИСМ.

Полученное значение результативности ИСМ, соотнесенное со шкалой, например, часто используемая – шкала значимости Харрингтона, определяет уровень ее функционирования.

В общем случае ИСМ считается результативной, если более 90% измеряемых показателей функционирования систем за отчетный период не имеют отклонений или имеют улучшенные показатели по сравнению с прошлым годом.

Проводя оценку результативности ИСМ согласно представленной методике, можно определить состояние функционирования ИСМ предприятия, а также по установленным критериям систем, обозначить узкие места в функционировании предприятия. Разработка и реализация мероприятий по важнейшим аспектам деятельности предприятия, оказывающие влияние на результативность ИСМ основано на дифференциации и ранжировании элементов систем менеджмента на основании методов ранговой корреляции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воробьев Д.О.* Интегрированные системы менеджмента – понятия и опыт разработки. [Электронный ресурс] / Д.О. Воробьев. Режим доступа: http://quality.eup.ru/materialy13/ism2.htm/. Дата обращения: 24.02.2018.

2. Процедура по проведению анализа результативности СМК «Анализ результативности СМК» СМК-ПК-12. Официальный сайт нефтеперерабатывающего завода ОАО «Славнефть-ЯНОС». [Электронный ресурс]. Режим доступа:http://www.refinery.yaroslavl.ru/. Дата обращения: 28.02.2018.

3. Процедура по проведению анализа результативности СМБ «Анализ результативности СМБ» СМК-ПК-3. Официальный сайт нефтеперерабатывающего завода ОАО «Славнефть-ЯНОС». [Электронный ресурс]. Режим доступа:http://www.refinery.yaroslavl.ru/. Дата обращения: 28.02.2018.

4. Процедура по проведению анализа результативности СЭМ «Анализ результативности СЭМ» СМК-ПК-4. Официальный сайт нефтеперерабатывающего завода ОАО «Славнефть-ЯНОС». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.refinery.yaroslavl.ru/. Дата обращения: 28.02.2018.

УДК 338.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА «МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА» НА ООО «РУСОПТИКСИСТЕМ»

М.И. Помешкин, Е.М. Шастина

Научный руководитель – Е.М. Шастина, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются вопросы, связанные с обеспечением единства измерений на производстве, рассмотрен процесс «Метрологическое обеспечение производства» на ООО «РусОптикСистем», выделены проблемные зоны и продуманы мероприятия для повышения результативности и эффективности процесса.

Ключевые слова: *обеспечение единства измерений, метрология, качество, процесс, РусОптикСистем.*

IMPROVING THE PROCESS «METROLOGICAL PROVISION OF PRODUCTION» INTO «RUSOPTIKSISTEM»

M.I. Pomeshkin, E.M. Shastina

Scientific Supervisor – E.M. Shastina, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the issues related to ensuring the unity of measurements in production, the process of «Metrological support of production» at «RusOptikSistem», identified problem areas and thought out measures to improve the effectiveness and efficiency of the process.

Keywords: *ensuring the uniformity of measurements, Metrology, quality, process, RusOptikSistem.*

Условием обеспечения единства измерений является представление результата измерений в узаконенных единицах измерения, которые были бы одинаковыми всюду, где проводят измерения и используют их результаты. Качество измерений характеризует совокупность свойств продукции, обеспечивающих получение в установленный срок результа-

тов измерений с требуемой точностью, достоверностью, сходимостью и воспроизводимостью [1].

Основной тенденцией в развитии метрологического обеспечения является переход от существовавшей ранее сравнительно узкой задачи по обеспечению единства измерений к принципиально новой – по обеспечению качества измерений.

Под метрологическим обеспечением качества продукции понимается комплекс организационно-технических мероприятий, технических средств, правил и норм, обеспечивающих с требуемой точностью характеристики изделий, технологических процессов, необходимых для разработки, производства и эксплуатации изделий.

Метрологическое обеспечение производства должно в определенной степени обеспечивать оптимизацию управления технологическими процессами и предприятием в целом, стабилизировать процессы, поддерживать качество изготовления продукции.

При этом затраты на метрологическое обеспечение производства должны соответствовать масштабам производства, сложности технологических циклов и в конечном счете не только окупаться, но и приносить доход [2].

Компания ООО «РусОптикСистем» организована и создана группой специалистов-оптиков в 2009 году в городе Сергиев Посад. Сегодня это развивающаяся российская научно-производственная компания, основной деятельностью которой является проектирование, разработка, производство оптических дневных и ночных прицелов, биноклей, ночных насадок и комплектов ДЕНЬ-НОЧЬ.

В настоящее время в компании разработана и функционирует система менеджмента качества на соответствие требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2008. Одним из поддерживающих процессов является процесс «Метрологическое обеспечение производства». Данный процесс занимается:

– организацией и обеспечением метрологического обслуживания испытательного оборудования;

– проведением метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации;

– разработкой и внедрением в производственный процесс методик выполнения измерений, гарантирующих необходимую точность измерений;

– оценкой экономической эффективности затрат на метрологическое обеспечение [3].

На рис. 1 представлена контекстная диаграмма процесса «Метрологическое обеспечение производства». Цель процесса: повышение качества продукции, эффективности управления производством и уровня ав-

томатизации производственных процессов за счет обеспечения единства измерений на предприятии.

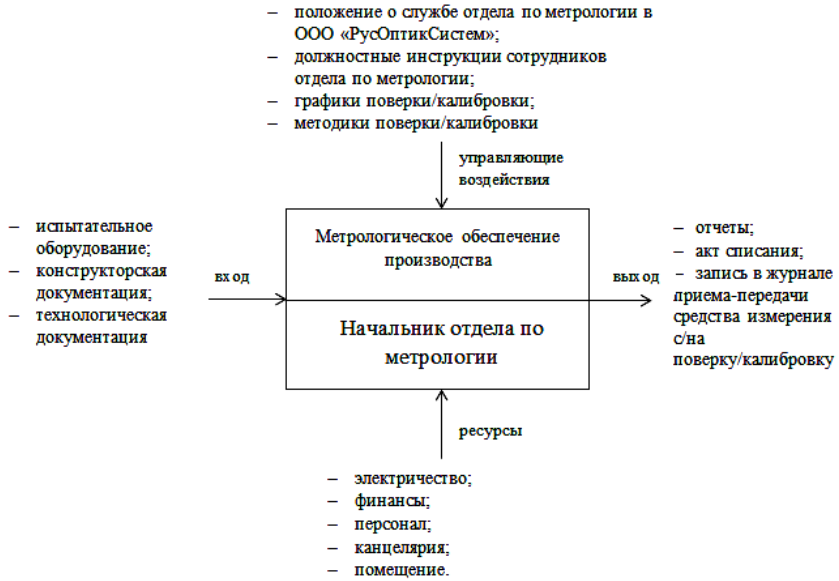


Рис. 1. Контекстная диаграмма процесса «Метрологическое обеспечение производства»

В ходе анализа процесса «Метрологическое обеспечение производства» на предприятии ООО «РусОптикСистем» были выявлены следующие проблемы:

– устаревшее контрольно-измерительное и испытательное оборудование. Точность произведенных измерений непосредственно влияет на свойства производимой продукции. Устаревшее контрольно-измерительное оборудование не может дать высокую точность показаний - это может привести к повышению числа бракованных изделий.

– документы по метрологическому обеспечению составлены в соответствии с требованиями старой версии стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2008.

Для повышения эффективности работ по метрологическому обеспечению производства на предприятии ООО «РусОптикСистем» предполагается реализовать следующие мероприятия:

– заменить устаревшее контрольно-измерительное и испытательное оборудование;

– применять автоматизированные средства измерения, обеспечивающие требуемую точность измерений;

– пересмотреть документы по метрологическому обеспечению производства в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2015;

– проводить периодическое повышение квалификации метрологов.

Предложенные мероприятия по совершенствованию процесса «Метрологическое обеспечение производства» будут способствовать повышению результативности и эффективности выполнения работ по обеспечению единства измерений на предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904. Дата обращения 20.02.2018.

2. *Правиков Ю.М.* Метрологическое обеспечение производства [Электронный ресурс] / Ю.М. Правиков. Режим доступа: http://metrologicheskoe-obespechenie-proizvodstva-pravikov-u-m-2009.html. Дата обращения: 20.02.2018.

3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. 32 с.

УДК 006.83:622.24

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ

Н.С. Семенов, С.А. Царева

Научный руководитель – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены факторы системы менеджмента качества, определяющие развитие строительных организаций. Проведен факторный анализ, сравнение нормативных документов в области управления качеством серии ISO 9000.

Ключевые слова: *система менеджмента качества, качество в строительстве, факторы развития в области качества.*

THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AS A KEY FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION COMPANIES

N.S. Semenov, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor − S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the factors of quality management system affecting construction companies. The analysis of these factors, comparison of normative documents and standards in the field of quality management ISO 9000 series.

Keywords: *quality management system, quality in construction, factors of development in the field of quality.*

Одной из критериальных отраслей экономики России и во всём мире является строительство, решающее множество задач государственного характера (уровень развития до 10% ВВП страны), и также социального. Поэтому уровень состояния и эффективного функционирования этой отрасли в целом и строительных организаций в отдельности очевидна. В строительной отрасли функционируют рыночные отношения – это отношения субъектов инвестиционно-строительной сферы, решения, ко-

торые принимаются каждым субъектом самостоятельно с целью получения наивысшей прибыли.

Проблема качества на рынке российских строительных компаний очень серьезная, потому что уровень конкуренции достаточно высок. Внедрение системы менеджмента качества (СМК) поможет вывести компанию на новый уровень, так как СМК предназначена для постоянного улучшения деятельности компаний. За последний период отраслевой интерес к разработке и внедрению теме СМК вырос в значительной степени [1].

Вступивший в силу Федеральный закон РФ от 01.12.2007 г. № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях» довольно серьезно изменил подходы к государственному регулирования бизнеса. Во многих сферах деятельности было отменено государственное лицензирование, на смену которому пришли негосударственные некоммерческие саморегулируемые организации (СРО) [2].

Создание СРО в строительстве рассматривается как наиболее эффективный путь развития рыночных отношений в этой сфере, форма контроля над участниками рынка, прежде всего для повышения качества строительства, предупреждение нанесения вреда жизни и здоровью граждан.

Наличие сертификата соответствия СМК становится в последнее время обязательным условием членства во многих строительных СРО. Госстрой России рекомендует строительным компаниям внедрить системы менеджмента качества на основе международного стандарта ИСО 9001, а государственным заказчикам всех уровней учитывать целесообразность включения в состав конкурсной документации условие по разработке и внедрению систем качества на основе ISO 9001. Федеральным законодательством установлено, что при подготовке и заключении государственных контрактов на закупку и поставку продукции для федеральных государственных нужд необходимо указывать сведения о наличии сертификата системы качества. На региональном уровне появляются нормативные акты предусматривающие наличие сертификата ISO 9001 как обязательного условия для участия в торгах по городским заказам.

Внедрение системы управления качеством включает в себя следующие этапы:

• подготовка системы, которая требует четкого структурирования и реализации процессов реализации;

• сертификация − выбор отраслевого центра сертификации;

• поддержание разработанной системы в рабочем состоянии.

Оптимально подобранный орган по сертификации способствует успешному процветанию компании посредством дополнительного со-

вершенствования стимулов. Обычно сертификация является результатом большой работы, проделанной всей командой

Решение руководства компании о внедрении СМК должно быть сделано, в первую очередь, после рассмотрения следующих вопросов [3]:

• цель внедрения СМК;

• предельные сроки внедрения системы;

• какие ресурсы можно выделить на создание систем и обучение персонала.

Основными задачами сертификации являются:

• превысить ожидания клиентов;

• минимизировать риск отказа от предоставляемых услуг;

• повысить конкурентоспособность услуги;

• улучшить внутреннее управление.

По результатам опросов менеджеров российских строительных компаний, готовых внедрить СМК, причины реализации следующие:

• качество − стратегия компании − 30%;

• качество является частью имиджа компании − 30%;

• сертификат необходим для экспортной деятельности − 24%;

• сертификат, требуемый от компании в качестве поставщика − 11%;

• наличие сертификата – это требование партнеров и акционеров − 5%.

Если решения, принятые при планировании времени и ресурсов, могут быть скорректированы руководством в процессе реализации СМК, выбор сертифицирующего органа предполагает долгосрочное партнерство (действительность сертификата три года), и его сдвиг потребует пересмотра значимости причин для процесса внедрения СМК.

Необходимо учитывать, что в настоящее время сфера подтверждения соответствия не исключает в качестве первой стороны участия частных компаний, однако действительность сертификатов, выданных данными компаниями сомнительна.

Существуют различные рейтинговые органы по сертификации в открытом доступе в Интернете. Например, Ассоциация независимых экспертов по качеству провела опрос среди более чем 1000 российских организаций о деятельности, и выбрали 10 лучших российских и международных органов по сертификации. Национальный консультативный совет по качеству разместил рейтинг на официальном сайте с учетом разделения органов по сертификации на 5 уровней надежности. Общим лидером в обоих рейтинговых списках является система ГОСТ Р. Предпочтение отдается ГОСТ Р, так как она обладает максимальной надежностью сертификата, поскольку выдается органами по сертификации, аккредитованными государством. Кроме того, этот сертификат признается за рубежом.

Сравнение рейтингов органов сертификации позволяет сделать вывод о том, что использовались различные критерии оценки. Например, «Русский регистр» в первом списке занимает второе место, и только восьмое в другом списке. Большинство из позиций первого рейтингового списка не были найдены среди первых двадцати позиций второго рейтингового списка.

Отраслевые аспекты по разработке и внедрению СМК в строительных организациях отражены в значительном количестве публикаций, но нет единых методических рекомендаций по ее внедрению, учитывающих типичные особенности строительных организаций в новых условиях [4]. Для разработки методических рекомендаций необходимо провести классификацию сертифицирующих компаний, систем сертификации и самих компаний, внедряющих СМК, которые, безусловно, являются специфическими в экономических условиях Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лукичев С.Ю.* Проблемы внедрения системы менеджмента качества в России [Текст] / С.Ю. Лукичев, М.В. Романенко // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2016. № 6. С. 113–116.
2. Федеральный закон РФ от 1 декабря 2007 года № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях» [Текст]. М., 2007.
3. *Сажин Ю.В.* К вопросу о результативности СМК в России [Текст] / Ю.В. Сажин, Н.П. Плетнева // Методы менеджмента качества, 2008. № 10. С. 20–23.
4. *Шестаков А.Л.* Методы внедрения систем, или Скупой платит дважды [Текст] / А.Л. Шестаков // Методы менеджмента качества, 2008. № 8. С. 14–18.

УДК 658.562.4

ТЕНДЕНЦИИ КОНТРОЛЛИНГА КАЧЕСТВА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ»

Л.К. Сергеева, С.А. Царева

Научный руководитель – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье показаны особенности применения планов контроля качества на предприятии ПАО «Автодизель».

***Ключевые слова**: приёмочный контроль качества, планы контроля.*

TRENDS IN CONTROLLING QUALITY OF MACHINE-BUILDING ENTERPRISE OF PJSC «AVTODIZEL»

L.K. Sergeeva, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor − S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the application of control plans in the implementation of acceptance control at the enterprise of the company «Avtodizel».

***Key words**: acceptance inspection of quality, control plans.*

Для создания продукции, которая будет удовлетворять запросам потребителей и являться конкурентоспособной, требуется хорошо организованный производственный процесс, в котором изделие или деталь, несоответствующую заявленным характеристикам, можно будет без труда изъять и исправить несоответствия. Для этой цели существует процедура приёмочного контроля, которая позволяет не допустить в работу непригодные изделия, тем самым повышая качество конечного продукта.

При проведении приёмочного контроля, стандартом ГОСТ Р 50779.52-95 предусмотрено применение планов контроля, которые регламентируют вид, тип для конкретного предприятия [1].

На предприятии ПАО «Автодизель» активно используются планы межоперационного и приёмочного контроля товарной продукции цехов. Рассмотрим процесс создания и эффективность применения планов приёмочного контроля на данном предприятии.

Работа с планами приёмочного контроля регламентируется множеством документов. Наибольший интерес представляют документы процесса разработки планов и их непосредственного применения.

Разработка планов контроля происходит в соответствии с утверждённым алгоритмом (рис. 1) [2].

В данном алгоритме представлены основные этапы разработки планов приёмочного и межоперационного контроля:

– формирование основных входов деятельности;
– разделение целевых значений и параметров;
– разработка планов
– оформление планов контроля;
– утверждение планов контроля;
– разработанные и утвержденные планы.

Данный алгоритм представляется лаконичным, он не содержит ничего лишнего. Расписаны входы и выходы, действия, документация, регламентирующая данный процесс. Однако применение разработанного конечного плана приёмочного контроля не даёт желаемый результат. Указанный факт, очевидно, может быть связан:

1) отклонение при выполнении плана работниками;
2) влияние внешних факторов, не зависящих от выполнения плана работником.

Но что заставляет отклоняться от плана?

Приемочный контроль (приемо-сдаточные испытания) производятся силами контрольного персонала с целью проверки соответствия продукции установленным требованиям и готовности ее к окончательной приемке. Предписанные СИ и СК, объем контролируемой выборки, и критерии приемки продукции устанавливаются требованиями технической документации либо планами приемочного контроля (далее ППК) [3]. Как правило, план контроля, в этом случае, представляет собой порядок действий с названием операции. Эффективность применения планов контроля характеризуется количественным показателем – соотношением бракованных деталей к их общему числу.

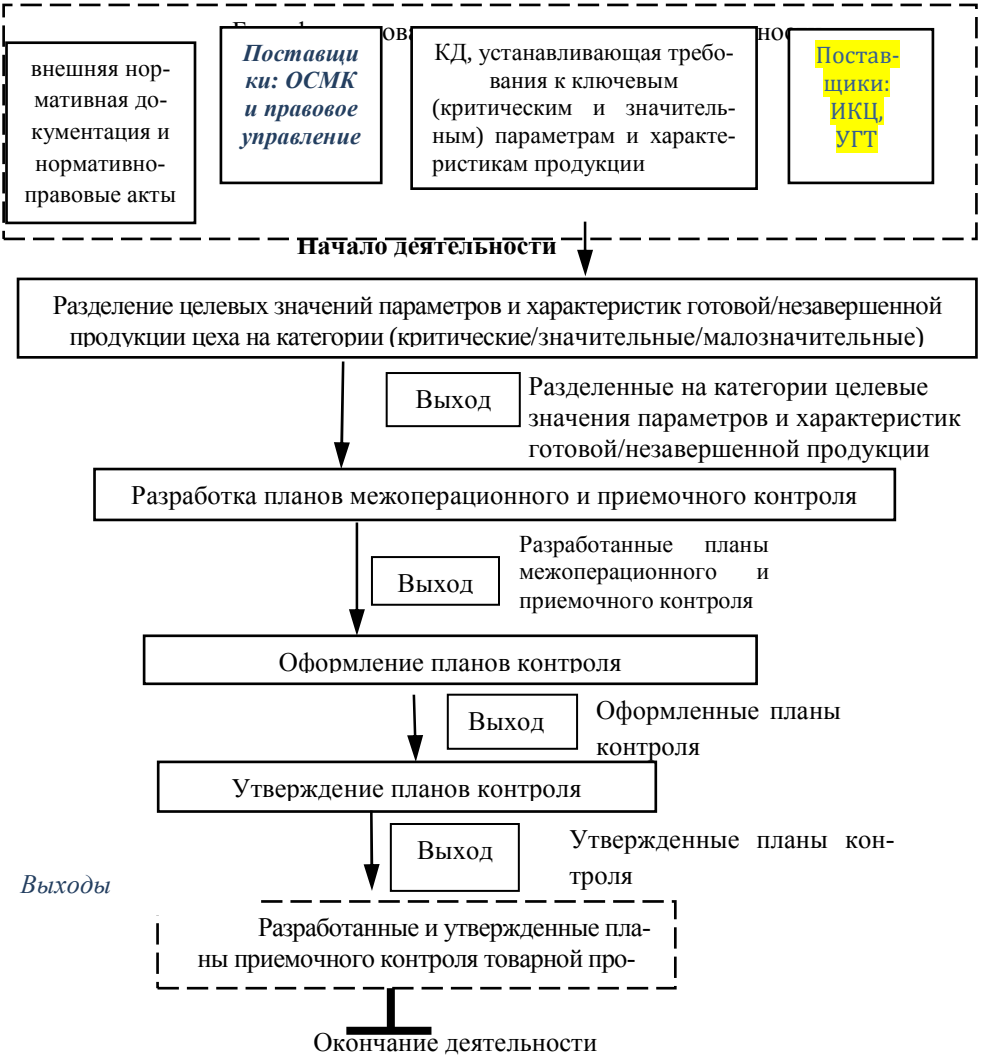


Рис. 1. Утвержденный алгоритм создания планов приёмочного/межоперационного контроля

При изготовлении партии деталей контролёр в соответствии с ППК производит выборку продукции и осуществляет операции с выбранными деталями (проверка характеристик изделия). В жёстких заво-

дских условиях принято работать с быстрыми темпами, от чего контролёр может пропускать ту или иную операцию тем самым «упрощать» процесс приёмки, что может повлечь за собой пропуск бракованной партии в дальнейшую работу.

Таких ошибок можно избежать, если в план контроля будет входить параметр-время затрачиваемое на проверку выборки из партии. Очень важно учитывать при этом специфику детали, квалификацию контролёра, количество деталей и т.д. Изменения также коснуться и порядка разработки планов контроля. Установка времени для каждого плана контроля будет выделяться отдельным действием после осуществления распределения целевых значений параметров и характеристик на категории.

Применение планов контроля качества в контексте учёта времени даёт следующие преимущества:

1) Работник не будет торопиться − снизится риск возникновения ошибки в связи с человеческим фактором при проведении контроля выборки из партии.

2) Работник не будет отказываться от операций, что снизит шанс на дальнейшее продвижение возможного брака.

Тщательная проверка продукции требует поиска компромисса между качеством проведения операции приёмки продукции и затрачиваемым временем. Разработка планов контроля качества − один из инструментов, который позволяет этого компромисса достичь, но и его нужно со временем модернизировать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50779.52-95 Статистические методы. Приемочный контроль качества по альтернативному признаку [Текст]. Введ. 1996-07-01.М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 235 с.

2. МИ 11.00.02-09 Система менеджмента Правила разработки планов межоперационного и приёмочного контроля [Текст]. Ярославль: Ярославский моторный завод, 2009.

3. СТО 12.05-09 Система менеджмента Порядок проведения приёмочного контроля. Приёмо-сдаточные испытания. Окончательная приёмка [Текст]. Ярославль: Ярославский моторный завод, 2009.

УДК 65.5

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ «ШЕСТЬ СИГМ» ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ПРЕДПРИЯТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В.С. Сиротина, С.А. Царева

Научный руководитель – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается концепция «Шесть сигм», а также практические аспекты данной концепции.

Ключевые слова: *концепция «Шесть сигм», бездефектность производства, отклонения показателей.*

APPLICATION OF THE «SIX SIGMA» CONCEPT FOR IMPROVING THE PRODUCTION PROCESS OF A MACHINE-BUILDING INDUSTRY ENTERPRISE

V.S. Sirotina, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the concept «Six Sigma», the possibility of applying this concept in practice.

Keywords: *«Six Sigma» concept, defectiveness of production, deviation of indicator.*

Такой научный подход, как «шесть сигма» изначально был разработкой американской корпорации Motorola. Для сокращения убытков компании, связанных со снижением качества продукции, была «собрана» новая система управления качеством. Она объединяла в себе методики и инструменты, уже существующие в корпоративном мире. Тем не менее внедрение дало неплохой экономический эффект и позволило корпорации решить свои проблемы.

К эффективному внедрению данной системы в будущем подключилось предприятие General Electric, перевоплощая концепцию «шесть сигма» в полноценный управленческий бренд. Необходимо отметить, что в настоящее время ее применяют 53% компаний — участниц списка Fortune 500, включая Amazon, Boeing, Ford, GlaxoSmithKline и Samsung. Важно, что концепцию удалось адаптировать и к непроизводственным процессам. Например, в США ее используют некоторые правительственные ведомства, чтобы обеспечить качество госуслуг.

Для достижения «бездефектности» производства концепция «шесть сигма» ставит перед производителем следующие цели:

а) Держать равнение на конечного потребителя.

б) Разбивать бизнес-процессы на отдельные этапы и выделять среди них критические, имеющие наибольшее влияние на конечный результат, – и концентрировать на них основные усилия.

в) Широко использовать методы производственной статистики для того, чтобы фиксировать результат, к которому приводят изменения «настроек» процессов на каждом этапе производственной цепочки, и контролировать качество.

г) Повышать индекс воспроизводимости операций, держать все процессы в заданных пределах отклонения от нормы [1].

В статистике и теории вероятности греческой буквой «сигма» σ обозначают среднеквадратическое отклонение. Чем больше цифра, используемая в комбинации с «сигмой», тем меньше отклонение – а значит, тем меньше брака в производственных процессах. Показатель 6 «сигм» – это 99,99966% выходов без дефектов. Данный результат можно достигнуть только в условиях современного производства.

Весь цикл действий по проекту «Шесть сигм» (DMAIC) выглядит следующим образом: D – define («определи»); M – measure («измерь»); A – analyze («проанализируй»); I – improve («улучши»); C – control («проконтролируй»).

При выполнении этих действий следует отдавать предпочтение практическому подходу, представленному в таблице 1 [2].

Таблица 1. Основы методологии «Шесть сигм» [2]

Этап методологии	Описание
1	2
Определение	Определение направления работ
Измерение	Измерение текущих показателей процесса, которые необходимо улучшить

Окончание таблицы 1

1	2
Анализ	Анализ процесса для установления главной причины неудовлетворительной работы процесса
Улучшение	Улучшение процесса путем проверки и анализа возможных решений устойчивого улучшенного процесса
Контроль	Контроль улучшенного процесса посредством создания стандартизованного процесса, способного функционировать и постоянно улучшаться для поддержания требуемых характеристик в течение

Для организации, которая хочет внедрить методологию «Шесть сигм», необходимо обладать штатом квалифицированного персонала, и учесть возможность полной занятости специалистов в данном проекте. Схематическое представление возможных взаимосвязей показано на рис. 1.

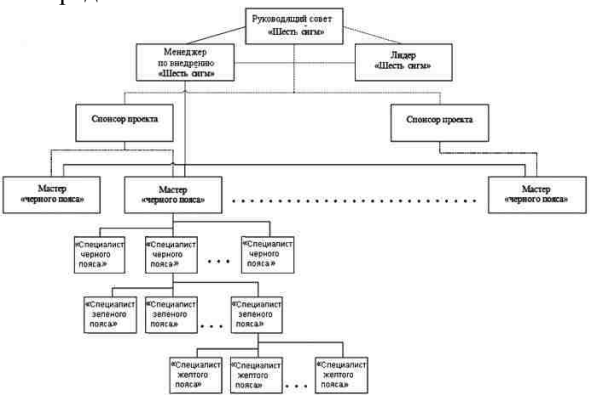


Рис. 1. Пример функций персонала в проекте «Шесть сигм» и их взаимосвязи [2]

Присваиваемые «агентам» названия («чемпионы», «спонсоры», «мастера черного пояса», «черные пояса», «зеленые пояса», «желтые пояса» – по аналогии с боевыми искусствами) придают «боевитость» концепции.

«Чемпион» выбирается из числа топ-менеджеров, заинтересованных в проекте. «Спонсорами» становятся владельцы процессов, которые в пределах своей зоны ответственности координируют реализацию прин-

ципов «Шести сигм». «Мастера черного пояса» обеспечивают техническую составляющую программы, разбираются в статистических методах и выступают в роли наставников «черных поясов» – лидеров команд, которые отвечают за измерение, анализ, улучшение и управление ключевыми процессами. «Зеленые пояса» – это тоже лидеры проектов, только, в отличие от черных поясов, они посвящают проектам «Шесть сигм» только часть своего рабочего времени. Наконец, к «желтым поясам» относятся временные сотрудники, обладающие необходимыми знаниями о принципах системы для эффективной работы [1].

Ориентиром, используемым для ранжирования качества или функционирования процесса, является количество сигм. Количество сигм, равное шести, стало синонимом качества мирового уровня, который означает такой уровень функционирования процесса, при котором на каждый миллион единиц продукции приходится 3–4 дефекта (несоответствия). Таким образом, непрерывный процесс с количеством сигм, равным шести, имеет границу допустимых значений, отстоящую на 4–5 стандартных отклонений от математического ожидания [2].

При внедрении концепции на производственных предприятиях, а именно машиностроительных, если существует известная проблема, то должны быть исследованы возможные причины и особенности этого процесса. Каждая конкретная проблема является результатом работы системы (или процесса), имеющей отклонения от нормы. Необходимо контролировать частоту появления и сложность проблемы для определения того, является ли эта проблема постоянной или единичной, увеличивается ли ее сложность или уменьшается и т.д.

Таким образом, применение концепции «Шесть сигм» на машиностроительном предприятии позволит улучшить показатели качества продукции, а также обеспечить более высокую прибыль путем решения серьезных проблем, которые, вероятнее всего, существуют в течение длительного периода времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аржанова Яна*. Сигма-эффект / Яна Аржанова // Бизнес-журнал. 2014. №1 (214). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sigma-effekt. Дата обращения: 15.02.2018.

2. ГОСТ Р ИСО 13053-1-2015 Статистические методы. Количественные методы улучшения процессов «Шесть сигм». Часть 1. Методология DMAIC [Текст]. Введ. 2015-11-18. М.: Стандартинформ, 2015. 31 с.

УДК 006.91

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАРУБЕЖНЫХ И РОССИЙСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА НЕФТИ

В.А. Смирнова, Е.А. Левина, С.А. Царева, В.А. Голкина

Научные руководители – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент; В.А. Голкина, канд. техн. наук

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются технические характеристики средств измерений количества и качества нефти. По результатам данного исследования даны рекомендации с целью оптимизации процесса измерения количества и показателей качества нефти.

Ключевые слова: *Процесс измерения, технические характеристики, качество измерений.*

COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF FOREIGN AND RUSSIAN MEANS OF QUANTITIES MEASUREMENT AND INDICATORS OF OIL QUALITY

V.A. Smirnova, E.A. Levina, S.A. Tsareva, V.A. Golkina

Scientifics Supervisors – S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; V.A. Golkina, Candidate of Technical Sciences

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted the technical characteristics of quantities measurement and indicators of oil quality. The article analyzes the results of the research and makes recommendations with the aim of optimizing the process of measuring the quantity and quality of oil.

Keywords: *Process of measurement, technical characteristics, quality of measurements.*

Измерения должны проводиться в соответствии с установленными требованиями к метрологическому обеспечению систем учета количества и качества нефти, с применением технических средств, достигая требуе-

мой точности и единства в измерениях. Для контроля качества нефти и нефтепродуктов существует большое количество разнообразных приборов – анализатор серы, преобразователь плотности жидкости, преобразователь вязкости и другие.

В 2008 году был принят Федеральный закон № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», который направлен на защиту прав и законных интересов граждан, общества и государства от недостоверных результатов измерений и их отрицательных последствий. Общие требования Федерального закона №102-ФЗ определяют, что к применению допускаются СИ, имеющие:

– утвержденный тип;

– прошедшие поверку;

– обеспечивающие соблюдение требований законодательства РФ об ОЕИ (обязательные метрологические требования к измерениям, обязательные метрологические и технические требования к СИ);

– обязательные требования к условиям их эксплуатации (при применении СИ);

– должны иметь конструкцию, которая предотвращает несанкционированные вмешательства и настройки, приводящие к искажениям результатов измерений [1].

Стандарт ГОСТ Р 51858-2002 распространяется на нефть для поставки транспортным организациям, предприятиям Российской Федерации и экспорта. По степени подготовки к транспортировке и переработке нефти делятся на 3 группы, в зависимости от содержания сероводорода и меркаптанов нефть подразделяют на виды. Условное обозначение нефти состоит из четырех цифр, соответствующих обозначениям класса, типа, группы и вида нефти, при поставке на экспорт к обозначению добавляют индекс «э».

Определение эквивалентности импортных и отечественных средств измерений основано на использовании метода попарного сравнения. Предварительно проведена регистрационная оценка, позволившая оценить стоимость покупки и обслуживания оборудования. В основе реализации регистрационной оценки заложен принцип каталогизации характеристик-требований, предъявляемых к приборам в зависимости от выполняемой ими задачи [2–4].

Механизм подтверждения соответствия качества нефти и нефтепродуктов требованиям технических условий работает на основе проведения испытаний. Показатели качества первого рода, к которым относятся плотность, кинематическая и динамическая вязкость и другие подобные характеристики. Истинное значение показателя качества первого рода зависит только от свойств самого продукта, каждый такой показатель может быть измерен разными методами с помощью разных средств

измерений (СИ), поверяемых в рамках государственной поверочной схемы с помощью эталонов высшей точности. Определение показателей качества второго рода выполняется в условиях, когда определяемая величина не имеет узаконенной единицы. С целью измерения показателей качества первого рода: плотности, вязкости и температуры применяют импортные и отечественные средства измерения [5]. В таблице 1 представлены технические характеристики сравниваемых средств измерений.

Таблица 1. Технические характеристики критериальных средств измерений показателей качества нефти

Характеристика	ПЛОТ-3м	Преобразователь плотности 7835	Вискозиметр 7829	Rosemount
Предел доп. осн. абс. погрешн. при преобразовании динам. вязкости	+/-1,5%	–	+/-1,0%	–
Диапазон преобразования плотности с норм. метролог. характер., кг/м^3	420-1600 кг/м^3	300-1100 кг/м^3	–	–
Абсолютная погрешность при преобразовании плотности	+/-0,30 кг/м^3	+/-0,30 кг/м^3	Не утверждена в связи с нестабильными показателями плотности	–
Пределы доп. абс. погр. измер. темпер.	+/-0,2^{o}C	–	–	0,1 ^{o}C

Исходя из результатов, отраженных в таблице 1 резюмируем, что ПЛОТ-3м более целесообразно применять по сравнению с импортными средствами измерения.

Еще один минус импортного оборудования – это низкая ремонтопригодность в связи с тем, что ремонт может производиться заводом изготовителем или же официальным представителем компании производителя на месте установки средства измерения.

Таким образом, для измерения таких показателей как плотность, вязкость и температура рекомендуется использовать ПЛОТ-3м в связи с большей функциональностью, а также меньшей стоимостью.

Умеренный риск несоответствия ПЛОТ-3М является основанием его использования с целью измерения вязкости, плотности и температуры, предполагая, что использование нового прибора не повлияет на стабильность показаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102 ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/. Дата обращения: 15.02.2018.
2. МИ 2773-2002. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок метрологического и технического обеспечения ввода в промышленную эксплуатацию систем измерения количества и показателей качества нефти [Текст]. М.: Стандартинформ, 2002. 23 с.
3. МИ 2775-2002. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок метрологического и технического обеспечения промышленной эксплуатации систем измерения количества и показателей качества нефти, турбопоршневых поверочных установок и средств измерений в их составе [Текст]. М.: Стандартинформ, 2002. 28 с.
4. МИ 3532-2015. Рекомендации по определению массы нефти при учетных операциях с применением систем измерений и показателей качества нефти [Текст]. М.: Стандартинформ, 2015. 65с.
5. ГОСТ Р 51858-2002 Нефть. Общие технические условия [Текст]. Введ. 2002-07-01. М.: Стандартинформ, 2002. 22 с.

УДК 311.14

ВЫБОР КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОКРАСКИ СУДНА

Е.А. Соколова, С.А. Царева

Научный руководитель – С.А. Царева, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются виды и типы контрольных карт, а также выбор контрольной карты для управления качеством процесса окраски судна.

***Ключевые слова**: контрольные карты, статистическое управление процессами, контрольные карты Шухарта, процесс окраски судна.*

THE CHOICE OF CONTROL CHARTS TO CONTROL THE PROCESS OF PAINTING THE SHIP

E.A. Sokolova, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – S.A. Tsareva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The types and types of control cards are considered, as well as the choice of control card for the process of painting the ship.

***Keywords:** control charts, statistical process control, Shewhart charts, coloring process of the vessel.*

Каждый производственный процесс управления или оказания услуги обладает определенной изменчивостью вследствие наличия большого количества воздействующих факторов. Поэтому наблюдаемые результаты работы процесса также непостоянны. Исследование этой изменчивости позволяет достичь понимания ее природы, что обеспечивает возможность управления процессом. Основным инструментом статистического управления процессами (*SPC*) являются контрольные карты, включающие в себя простой графический метод.

Контрольная карта – график, на который наносят в установленном порядке значения статистического показателя в последовательно-

сти выборок, используемый для управления процессом и снижения изменчивости процесса [1].

Использование контрольных карт позволяет определить степень стабильности процесса, т.е. функционирующим под воздействием не изменяющейся во времени системы случайных причин, характеризующих собственную изменчивость процесса (процесс находится в состоянии «статистической управляемости»).

Контрольные карты служат для идентификации специальных причин изменчивости, которые могут привести процесс к недопустимому уровню функционирования, что позволит уменьшить или устранить их влияние. При использовании контрольных карт существует возможность определения степени соответствия требованиям продукции, услуги, воспроизводимости процесса для измеряемой характеристики, а также возможность обеспечения регулирования процесса на основе прогноза его поведения, используя статистические модели. Согласно ГОСТ Р ИСО 7870-1-2011 Статистические методы. Контрольные карты. Часть 1. Общие принципы [1] существуют следующие контрольные карты:

1) контрольные карты Шухарта;
2) приемочные контрольные карты;
3) контрольные карты регулировки процесса;
4) контрольные карты кумулятивных сумм, КУСУМ-карты;
5) контрольные карты скользящих средних;
6) контрольные карты экспоненциально взвешенных скользящих средних, EWMA-карты;
7) контрольные карты с трендом;
8) многомерные контрольные карты.

Контрольная карта Шухарта – контрольная карта с контрольными границами Шухарта, предназначенная для разделения причин изменчивости контролируемой характеристики на случайные или специальные [1].

Для карт Шухарта необходимы данные, получаемые выборочно из процесса через приблизительно равные интервалы. Интервалы могут быть заданы либо по времени (например, каждый час), либо по количеству продукции (каждая партия). Обычно данные представляют собой выборки или подгруппы, состоящие из однотипных единиц продукции или услуг, с одними и теми же контролируемыми показателями и равными объемами подгрупп. Для каждой подгруппы определяют одну или несколько характеристик, таких как среднее арифметическое $X_{ср}$, размах R, стандартное отклонение s или счетную характеристику, такую как доля единиц продукции заданного класса [2].

Контрольная карта Шухарта – это график значений заданной характеристики подгруппы в соответствии с номером подгруппы. Карта имеет центральную линию (CL), соответствующую опорному значению характеристики.

Карта Шухарта имеет две статистически определяемые контрольные границы, расположенные по обе стороны от центральной линии, которые называются верхней контрольной границей (UCL) и нижней контрольной границей (LCL) (рис. 1). Контрольные границы на карте Шухарта находятся на расстоянии 3σ по обе стороны от центральной линии, где σ – известное стандартное отклонение совокупности или его оценка.

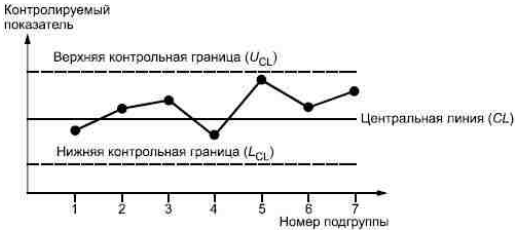


Рис. 1. Общий вид контрольной карты

Контрольные карты Шухарта бывают двух основных типов: для количественных и альтернативных данных. Для каждой контрольной карты возможны две ситуации: 1 – значения параметров процесса не заданы; 2 – значения параметров процесса заданы. Значения параметров процесса могут быть заданы на основе установленных требований, целевых значений или оценок параметров, полученных на основе данных за длительный период времени, когда процесс находился в статистически управляемом состоянии.

Цель применения карт, для которых не заданы значения параметров, – обнаружение таких отклонений значений наблюдаемых характеристик, какие превышают вариации, вызываемые только случайными причинами. В этом случае контрольные карты строятся только по данным самого процесса. Такие контрольные карты используют для выявления изменчивости, обусловленной неслучайными причинами, и приведения процесса в состояние статистической управляемости.

Целью контрольных карт, для которых заданы значения параметров, является определение того, что наблюдаемые значения $X_{ср}$, s и т.п. для нескольких подгрупп (каждая объемом n наблюдений) отличаются от соответствующих заданных значений μ_0, σ_0 и т.п. больше, чем можно ожидать при действии только случайных причин. Отличием карт с за-

данными значениями параметров от карт, для которых значения параметров не заданы, является наличие дополнительных требований, определяющих параметры положения центральной линии и изменчивости процесса.

Типы контрольных карт:

– карты для количественных данных, используемые в ситуации, когда результатами наблюдений являются непрерывные величины;

– карты для альтернативных данных, используемые в ситуации, когда результатами наблюдений являются натуральные числа или категоризированные данные.

Классификация контрольных карт для количественных и для альтернативных данных представлена в таблице 1.

Таблица 1. Классификация типов контрольных карт

Контрольные карты для количественных данных	Контрольные карты для альтернативных данных
1 Карты средних ($X_{ср}$), размахов (*R*) или выборочных стандартных отклонений (*s*); 2 Карты индивидуальных значений (X), скользящих размахов (R_m); 3 Карты медиан ($X_{ср}$), размахов (*R*)	1 Карта долей несоответствующих единиц продукции (*p*-карта); 2 Карта числа несоответствующих единиц продукции (*np*-карта); 3 Карта числа несоответствий (*c*-карта); 4 Карта числа несоответствий на единицу продукции (*u*-карта)

Процесс окраски судна достаточно длителен и разделен на части. Поэтому процесс происходит с разрывом во времени, соответственно, меняются климатические условия, оборудование, люди, площади, то есть невозможно создать одинаковые условия. Окраска происходит в 3 этапа: 1 – подготовка поверхности; 2 – окраска; 3 – контроль качества поверхности лакокрасочного покрытия (ЛКП). Основным контролируемым параметром данного процесса является толщина покрытия, измеряемая в мкм, и допускаемые отклонения от нее. Соответственно, качество ЛКП зависит от подготовки поверхности и условий нанесения ЛКП, а также оборудования и рабочих.

Таким образом, для управления качеством процесса окраски судна будет более удобна для использования контрольная *p*-карта, так как она

отражает долю или процент, отнесенных к определенной категории единиц продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 7870-1-2011. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 1. Общие принципы [Текст]. Введ. 2012-12-01. М.: Стандартинформ, 2012. 20 с.
2. ГОСТ Р ИСО 7870-2–2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта [Текст]. Введ. 2016-12-01. М.: Стандартинформ, 2016. 46 с.

УДК 005.6:621.824.33

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ О КАЧЕСТВЕ ВАЛА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДИКИ 8D

Т.А. Сычева, А.С. Степанова

Научный руководитель – А.С. Степанова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается технологический процесс механической обработки детали №238 - 1006015 ГЗ (вал распределительный) с последующим анализом о качестве с применением методики 8D.

Ключевые слова: *распределительный вал, индекс воспроизводимости, метод 8D.*

ANALYSIS OF INFORMATION ON THE QUALITY OF THE SHAFT JUNCTION WITH THE USE OF 8D METHODOLOGY

T.A. Sycheva, A.S. Stepanova

Scientific Supervisor – A.S. Stepanova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The technological process of machine processing of the part № 238-1006015 G3 (camshaft) with the following analyst of the machining quality using the technique 8D is considered.

Keywords: *camshaft, the index of reproducibility, the method 8D.*

Важным показателем деятельности предприятий является качество продукции и услуг. Анализ информации о качестве продукции и процессов является важной и необходимой составляющей в деятельности организации.

Любая организация в ходе осуществления своей деятельности сталкивается с необходимостью решения проблем, возникающих в процессе производства продукции. В большинстве случаев процедура решения проблем сводится к устранению последствий проблемы, что сильно снижает эффективность проводимых мероприятий, поскольку причины

возникновения проблемы не устраняются, и в схожих обстоятельствах проблема будет повторяться. Для повышения эффективности борьбы с проблемами необходима процедура, предусматривающая исследование причин возникновения проблем и разработку корректирующих действий, направленных на их устранение.

Наиболее эффективным инструментом решения проблем и исключения причин их возникновения в мировой практике считается метод 8D (8 шагов, дисциплин). 8D (EIGHT DISCIPLINE) – высокоэффективное средство для определения коренных причин несоответствий и внедрения корректирующих действий.

Для наглядного примера необходимо провести анализ информации о качестве на примере детали №238 – 1006015 ГЗ «Вал распределительный» с применением методики 8 D на предприятии ПАО «Автодизель».

Двигатель автомобиля представляет собой сложнейший механизм, одним из важнейших элементов которого является распределительный вал, входящий в состав газораспределительного механизма.

Распределительный вал – стальной, штампованный, опорные шейки и кулачки для повышения износостойкости закалены током высокой частоты. Расположен в верхней части картера блока цилиндров и приводится во вращение от переднего конца коленчатого вала через пару косозубых шестерен. Шестерни устанавливаются по меткам, выбитым на торцах зубчатых венцов. Подшипниками распределительного вала служат бронзовые втулки, запрессованные в расточки блока цилиндров. Продольное смещение вала ограничивается стальным упорным фланцем, установленным между ступицей шестерни и передней опорной шейкой вала. После установки распределительного вала с шестерней в блок цилиндров фланец крепится к переднему торцу блока болтами с пружинными шайбами. Осевой люфт вала 0,08-0,21 мм.

При производстве распределительного вала применяется большое количество технических операций, одной из которых является процесс механической обработки, в частности торцекруглошлифовальная операция. Изучаемый параметр имеет диаметр 36Ø под установку 200 комплекта шестерен газораспределения [1].

Для выявления изменения средних характеристик и изменчивость процесса, которые требуют корректирующих или предупреждающих действий основываются на следующих положениях:

1) все процессы с течение времени отклоняются от заданных характеристик;

2) небольшие отклонения отдельных точек являются не прогнозируемыми;

3) стабильный процесс изменяется случайным образом, но так что группы точек находятся в прогнозируемых границах;

4) нестабильный процесс отклоняется из-за неслучайных факторов.

Для анализа и сбора информации о качестве параметра оператору выдаются контрольные карты для заполнения. Оператор в течение смены рассчитывает индекс воспроизводимости ($C_{рк}$).

$C_{рк}$ – индекс воспроизводимости процесса, оценивающий возможности удовлетворять технический допуск с учетом фактического положения среднего значения (для стабильных и по разбросу, и по настройке процессов).

Воспроизводимость характеризует степень статистической управляемости процесса, т.е. возможности параметра выйти за пределы допуска.

Индекс Ср учитывает только разброс процесса и характеризует его соответствие ширине поля допуска. Данный индекс вычисляется для статистически устойчивого процесса, имеющего нормальное распределение. Поэтому считается, что ширина кривой распределения равна 6σ. Опыт передовых фирм показывает, что значение индекса Ср должно быть: Ср>1,33.

Индекс C_{pk} характеризует центрированность, т.е. настроенность процесса на центр поля допуска. При этом C_{pk} также зависит и от разброса процесса, который считается статистически устойчивым, имеющим нормальное распределение и ширину кривой распределения 2*3σ.

С течением времени, случается, что $C_{рк}$ становится меньше 1,33. В этом случае проводится оценка состояния оборудования. Исходя из анализа данных по детали №238 – 1006015 ГЗ «Вал распределительный» $C_{рк}$ равен 0,95, следовательно, процесс является не стабильным [2, 3]. Поэтому было принято решение о применении методики 8 D, которая состоит из 8 шагов:

1) Образование группы.
2) Описание проблемы.
3) Принятие срочных мер.
4) Установление потенциальных причин.
5) Разработка корректирующих действий.
6) Выполнение корректирующих действий.
7) Обеспечение отсутствия повторяющихся дефектов.
8) Признание успеха процесса.

Для сохранения результатов работы и полученного опыта заполняется форма 8D, которая актуализируется после выполнения каждого из шагов. Исходя из анализа собранных данных с помощью методики 8 D,было выяснено, что процесс стал не стабильным из-за завышенного биения задней бабки оборудования. В соответствии с этим были приняты следующие меры:

1) Проведение ревизии заднего центра оборудования.

2) Проведение ремонта задней бабки с заменой направляющих втулок.

3) Проведение выверки и проверки на геометрическую точность заднего центра.

4) Произведение расчета стабильности работы оборудования после произведенного ремонта.

После реализации запланированных мероприятий следующим этапом необходим сбор новых данных по процессу для построения и анализа контрольных карт индивидуальных значений и скользящих размахов [4].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что методика позволяет выявлять именно причины возникающих проблем и осуществлять разработку корректирующих действий, что значительно повышает эффективность борьбы с возникающими проблемами на производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкторская документация. Чертеж детали № 238 – 1006015 ГЗ «Вал распределительный» [Текст]. Ярославль: ПАО «Автодизель».

2. МИ 11.00.12-11 Методическая инструкция. Порядок проведения статистического анализа и определения планов контроля технологических процессов [Текст]. Ярославль: ПАО «Автодизель», 2011. 34 с.

3. МИ 11.00.13-11 Методическая инструкция. Порядок проведения статистического регулирования технологических процессов [Текст]. Ярославль: ПАО «Автодизель», 2011. 15 с.

4. МИ 12.02.02-11 Методическая инструкция. Порядок оперативного решения проблем качества с использованием методики 8D на уровне предприятия, цеха и участка [Текст]. Ярославль: ПАО «Автодизель», 2011. 31 с.

УДК 658.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРОЙ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПАО «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Д.Ф. Тарасова, Е.М. Шастина

Научный руководитель – Е.М. Шастина, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются процессы управления инфраструктурой в системе менеджмента качества ПАО «Машиностроительный завод». Отсутствие или ненадлежащее управление инфраструктурой может привести к росту рисков на производстве, вследствие чего предлагается проведение работ по совершенствованию процесса.

***Ключевые слова**: система менеджмента качества, инфраструктура, менеджмент оборудования, совершенствование процесса.*

PERFECTION OF PROCESSES MANAGEMENT OF INFRASTRUCTURE IN THE SYSTEM OF QUALITY MANAGEMENT PJSC «MACHINE-BUILDING PLANT»

D.F. Tarasova, E.M. Shastina

Scientific Supervisor – E.M. Shastina, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article considers the processes of infrastructure management in the quality management system of PJSC «Machine Building Plant». The absence or inadequate management of the infrastructure can lead to an increase in risks in the workplace, and as a result, it is proposed to carry out work to improve the process.

***Key words:** quality management system, infrastructure, equipment management, process improvement.*

Инфраструктура предприятия имеет целью обеспечение бесперебойного и эффективного функционирования производственного процесса. Совершенствование процессов управления инфраструктурой является одним из факторов улучшения деятельности предприятия. Любое предприятие, вне зависимости от его размера, богатства и влияния, функцио-

нирует лишь благодаря построенной инфраструктуре производства, позволяющей предприятию работать, производить товары и получать прибыль [1].

ПАО «Машиностроительный завод» (МСЗ) входит в Топливную компанию «ТВЭЛ» Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом». Сферой деятельности ПАО «МСЗ» является производство ядерного топлива для энергетических ядерных реакторов различных типов, исследовательских и транспортных реакторов.

Завод осуществляет полный цикл изготовления ядерного топлива, начиная от переработки гексафторида урана и изготовления порошка двуокиси урана и заканчивая тепловыделяющими сборками (ТВС).

Также ПАО «МСЗ» производит составные части активных зон ядерных реакторов и проектирует трубы из нержавеющей стали, сплавов и титана.

На ПАО «МСЗ» разработана, задокументирована, внедрена, поддерживается в рабочем состоянии и непрерывно совершенствуется система менеджмента качества (СМК), отвечающая требованиям международного стандарта ISO 9001:2015 [2].

Применение СМК обеспечивает скоординированное руководство и управление деятельностью ПАО «МСЗ» и гарантирует выполнение требований потребителей в установленные сроки и в полном объеме.

Из совокупности взаимосвязанных процессов, выполняемых в ПАО «МСЗ», руководство определило основные процессы СМК, необходимые для обеспечения эффективного управления деятельностью и ориентированные на удовлетворение потребителей. Процесс управление инфраструктурой на ПАО «МСЗ» состоит из следующих процессов: процесс менеджмента оборудования, процесс менеджмента энергоресурсов и процесс обеспечения материально-техническими ресурсами.

При более подробном рассмотрении процесса менеджмента оборудования видно, что он предназначен для обеспечения подразделений ПАО «МСЗ» необходимым оборудованием в требуемом количестве и технически исправном состоянии. Ежегодно по процессу осуществляется измерение и учёт по следующим показателям:

Показатель 1 – количество претензий от подразделений к поставленному оборудованию;

Показатель 2 – количество претензий от подразделений к отремонтированному оборудованию.

Процесс является результативным, если достигнуты все показатели в полном объеме.

Ежегодно, под руководством технического директора, главными специалистами проводится анализ процесса по соответствующим видам оборудования.

Подразделения ежеквартально при наличии претензий по качеству ремонта оборудования и поставленного нового оборудования направляют справки в соответствующие отделы [3].

Выбор путей улучшения процесса должен проводиться на основе полученных результатов анализа процесса с учётом реальных возможностей.

В течение года завершен анализ процесса менеджмента энергетического оборудования: проведен анализ характеристик процесса и оценка результатов улучшений процессов, проведенных по итогам предыдущего года. При проведении оценки пригодности процесса, было выявлено, что процесс не позволял получать выходные данные по карте процесса. Следовательно, процесс можно считать непригодным и требуется провести анализ причин невыполнения.

При проведении оценки адекватности процесса выявлено, что процесс противоречит с требованиями карты процесса. Следовательно, процесс неадекватен и требуется провести анализ причин невыполнения.

Также один из показателей процесса не результативен, количество претензий от подразделений более двух случаев от отремонтированного в течение года оборудования.

По данным результатам определены следующие предложения по улучшению процесса:

- повышение квалификации персонала на различных курсах;
- проведения технического обследования усилителей подобного типа для составления годовой заявки на закупку запасных частей;
- увеличение количества закупаемых запасных деталей [4, 5].

Планируемые улучшения должны привести к повышению качества обслуживания энергооборудования, повышению удовлетворённости подразделений предоставляемым оборудованием и качеством производимого ремонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические материалы для семинаров по изучению стандартов ИСО серии 9000 [Текст]. М.: Интерсертифика, 2009. 56 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования [Текст]. Введ. 2015-11-01. М.: Стандартинформ, 2015. 23 с.
3. СТП 146 (версия «а») Системы менеджмента качества. Общесистемная процедура разработки положений о подразделениях и должностных инструкций [Текст]. М.: ПАО «Машиностроительный завод», 2016. 30 с.
4. Положение об отделе систем менеджмента качества и экологии [Текст]. М.: ПАО «Машиностроительный завод», 2015. 8 с.
5. СТП 443 Система менеджмента качества. Карта процесса менеджмента оборудования [Текст]. М.: ПАО «Машиностроительный завод», 2016. 11 с.

УДК 006.065.3

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТА ГОСТ Р ИСО 31000-2010 (НА ПРИМЕРЕ АО «ЯРОСЛАВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД»)

А.А. Ушакова, В.В. Кочерова

Научный руководитель – В.В. Кочерова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается актуальность процесса управления рисками на промышленных предприятиях. Дается описание стандарта ISO 31000:2018. Предлагается методика управления рисками на АО «Ярославский технический углерод» на основе методики, описанной в стандарте ГОСТ Р ИСО 31000-2010.

***Ключевые слова**: риск, риск-менеджмент, управление рисками, перечень рисков, матрица рисков, количественная оценка рисков, качественная оценка рисков, воздействие на риск, ГОСТ Р ИСО 31000-2010.*

BACKGROUND OF THE DEVELOPMENT OF RISK MANAGEMENT METHODS BASED ON THE STANDARD GOST R ISO 31000-2010 (JSC «YAROSLAVL TECHNICAL CARBON» IS TAKEN AS THE EXAMPLE)

A.A. Ushakova, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – V.V. Kocherova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The relevance of the risk management process in industrial enterprises is considered in the article. The ISO 31000:2018 standard is described. The method of risk management at JSC «Yaroslavl Technical Carbon» is suggested, it is made on the basis of the method described in the standard GOST R ISO 31000-2010.

***Keywords:** risk, risk management, risk management, risk register, risk matrix, quantitative risk assessment, qualitative risk assessment, the exposure of the risk, GOST R ISO 31000-2010.*

В настоящее время риск-менеджмент день является одним из ключевых аспектов деятельности организации. Это обусловлено тем, что рисковые события могут возникать во всех сферах деятельности организации и своевременное выявление, анализ и воздействие на риск, позволяет организации избежать кризисных ситуаций, что является не только защитным механизмом, но и фактором успеха организации. Именно поэтому проблема внедрения в организацию процесса управления рисками становится одной из актуальных и требующих особого внимания.

АО «Ярославский технический углерод» (АО «ЯТУ») является лидером российской промышленности по выпуску технического углерода, как по количеству, так и по качеству. В настоящее время мощность предприятия составляет около 350 тысяч тонн технического углерода в год, что позволяет считать его одним из крупнейших мировых предприятий-производителей технического углерода во всем мире [1].

В настоящее время на предприятии не реализуется применение риск-ориентированного мышления в системе менеджмента качества, но разработка системы управления рисками является необходимостью. Множественность факторов риска в промышленной отрасли ставит перед организациями задачи по организации воздействия на рисковые события. Создание системы управления рисками является важной частью в решении задач устойчивого развития и позволяет предприятиям достигнуть более высоких результатов работы, повысить эффективность их деятельности.

Стандарт ISO 31000 является наиболее универсальным и понятным для пользователей так как рассматривает большое количество терминов в области риска и имеет связь с другими стандартами в области управления рисками. В начале 2018 года вышла новая версия стандарта ISO 31000:2018, которая является еще более лаконичной, а процессы управления рисками последовательными и понятными для пользователей. Актуализированная версия стандарта предлагает еще более четкое, емкое и краткое руководство, которое поможет организациям использовать принципы управления рисками для улучшения планирования и принятия более эффективных решений. Стандарт устанавливает принципы и общее руководство по риск-менеджменту, может применяться в течение всего жизненного цикла организации и для широкого спектра деятельности, включая стратегии и решения, операции, процессы, функции, проекты, продукцию, услуги и активы.

Для успешного управления рисками на АО «ЯТУ» предлагается разработать и внедрить методику управления рисками на основе методики, описанной в ГОСТ Р ИСО 31000-2010.

На предприятии внедрена и функционирует система менеджмента качества. Все процессы СМК АО «ЯТУ» делятся на основные, поддерживающие и управляющие [1].

В настоящее время на предприятии не реализуется применение риск-ориентированного мышления в системе менеджмента качества. Для управления рисками на АО «ЯТУ» необходимо разработать методику на основе стандарта ГОСТ Р ИСО 31000-2010.

Для составления перечня рисков требуется, чтобы каждое рисковое событие имело свой уникальный код. Код риска присваивается в зависимости от группы процессов и процесса, которому присущ этот риск.

Код имеет вид XY.Z, где:

X – буквенный код по группе процессов (ОР, УР, ПР);

Y – номер риска по порядку в группе;

Z – код процесса, которому присущ данный риск.

Форма перечня рисков отображена в таблице 1.

Таблица 1. Форма перечня рисков

Код риска	Вид риска	Вид процесса	Наименование риска	Источник риска

Все риски измеряются по показателям вероятности (отсутствует, возможно, вероятно) и значимости (низкая, умеренная, высокая).

Для качественной оценки рисков используется один из инструментов экспертных методов – матрица рисков. С помощью такой матрицы анализа оценивают вероятность наступления рискового события и значимость наступления рискового события, а также уровень риска. Для критических и катастрофических рисков требуется определить меры воздействия. На рис. 1 отображена форма матрицы рисков.

Для количественной оценки необходимо определить показатели значимости и вероятности для каждого рискового события, где оценки 0,3/0,7/1,0 расставляются прямо пропорционально. Далее, следует определить рисковое число (РЧ), которое получается путем умножения показателя значимости риска и вероятности наступления риска. Рисковое число определяется для выявления необходимости реагирования на риск. Если РЧ≥0,5, то рисковая ситуация требует реагирования.

После определения рисков, которые требуют реагирования, требуется составить перечень данных рисков. Форма перечня рисков, требующих реагирования отображена в таблице 2.

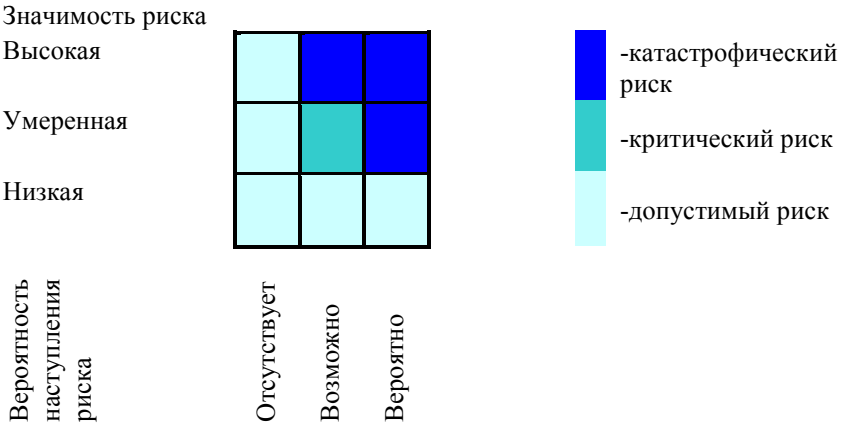


Рис. 1. Матрица риска

Таблица 2. Форма перечня катастрофических и критических рисков

Код риска	Наименование риска	Источник риска	Значимость риска	Вероятность наступления риска

После определения рисков, требующих реагирования, выбираются варианты воздействия на риск. Варианты воздействия на риск не обязательно являются взаимоисключающими или подходящими для всех обстоятельств.

Все способы воздействия на риск можно разделить на три основные группы – снижение, сохранение и передача риска.

Для успешной работы организации требуется регулярный мониторинг и пересмотр, которые должны быть планируемой частью процесса риск-менеджмента и включать регулярную проверку или надзор. Они могут быть периодическими, произвольными. Также должна быть четко определена ответственность за проведение мониторинга и пересмотра [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РК-8-2013 Руководство по качеству. Система менеджмента качества «Технический углерод» [Текст]. Ярославль, 2013.
2. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство [Текст]. Введ. 2011-09-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2012. 19 с.

УДК 005.95:378

РАЗВИТИЕ СФЕРЫ ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ: ПЕРЕХОД К ДУАЛЬНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

А.М. Черемушкина

Научный руководитель – В.А. Голкина, канд. техн. наук

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается информация о системе образования в России, приводится анализ нормативных документов в области образования, а также представлены сведения о переходе на систему дуального образования.

***Ключевые слова**: образовательное учреждение, дуальное образование.*

DEVELOPMENT OF THE SPHERE OF EDUCATION IN RUSSIA: TRANSITION TO DUAL EDUCATION

A.M. Cheremushkina

Scientific Supervisor – V.A. Golkina, Candidate of Technical Sciences

Yaroslavl State Technical University

The article reviews information about the education system in Russia, provides an analysis of normative documents in the field of education, as well as provides information on the transition to the dual education system.

***Keywords:** educational institution, education, dual education.*

В настоящее время инновационное развитие является первоочередной целью России, а значит, задача поднять образование на новый уровень является ключевой. Система образования создает ту базу, которая необходима для развития потенциала молодежи и, как следствие, условия для быстрого роста в сферах производства инноваций. Именно на молодежь необходимо сделать упор, ведь она, обладая современными знаниями, умениями и навыками, является движущей силой инноваций и способна внести значительный вклад в обеспечении достойной жизни в стране и вывести ее на новый уровень.

Одним из важнейших моментов, отмеченных в государственной программе «Развитие образования на 2013-2020 годы» [1] является несоответствие структуры профессионального образования потребностям рынка труда. Для молодежи такое несоответствие особенно болезненно,

так как, обладая активной жизненной позицией, стремлением к осуществлению преобразований и повышенной требовательностью к соответствию полученных знаний и возможностей применения их на практике, молодежь сталкивается с трудностями в профессиональной деятельности.

Рассмотрим по подробнее план мероприятий («дорожная карта») «Изменения в отраслях социальной сферы, направленные на повышение эффективности образования и науки» [2]. В «дорожной карте» приведены мероприятия, которые должны быть проведены в образовательном учреждении для того, чтобы поддерживать конкурентоспособность в современных условиях. Так, например, повышение результативности деятельности образовательных организаций высшего образования включает в себя: обновление программ развития федеральных университетов; поддержку программ развития сети национальных исследовательских университетов; реализацию программ развития ведущих университетов, получающих государственную поддержку в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров и их мониторинг в соответствии с утвержденным планом мероприятий; реализацию программ стратегического развития образовательных организаций высшего образования.

В направлении развития кадрового потенциала высшего образования, должен быть разработан и внедрен механизм «эффективного контракта». Так, под эффективной деятельностью педагогического работника понимается степень достижения сотрудниками образовательной организации основных аккредитационных показателей, определенных Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «Об утверждении показателей деятельности образовательной организации, подлежащей самообследованию» [3], а ее количественной оценкой является результативность – степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов. В результате выполнения плана должна быть сформирована определенная сеть образовательных организаций высшего образования, которая будет ориентирована на удовлетворение потребностей работодателей в высококвалифицированных кадрах. Также, должен повыситься уровень мотивации научных и научно-педагогических кадров в рамках перехода на систему «эффективного контракта».

Таким образом, в идеале, к концу 2020 года останутся только конкурентоспособные вузы, остальные должны либо закрыться, либо подтянуться до современного уровня, за счет реорганизации, слияния или реформирования.

На сегодняшний день дуальная система обучения – одна из самых эффективных форм подготовки профессиональных кадров в мире. Данная

система профессионального образования представляет собой комплексную модель обучения, в рамках которой, теоретическая подготовка осуществляется в учебном заведении, практическая же часть организуется непосредственно на рабочем месте. Предприятия сами направляют заявки на конкретное число специалистов, а учебные заведения, в свою очередь, составляют программы подготовки при участии работодателей. Такая система обучения успешно используется в таких странах как Германия, Австрия, Дания, Нидерланд и Швейцария.

Для предприятия дуальное образование является возможностью подготовить кадры для себя, точно «под заказ». Обеспечив при этом их максимальное соответствие всем своим требованиям, экономя на расходах на поиск и подбор работников, их переучивание и адаптацию. В свою очередь, такой подход мотивирует студентов учиться не для галочки, а сознательно, с целью дельнейшего трудоустройства и работы на благо какой-либо организации. После окончания учебного заведения, учащиеся могут сразу работать с полной отдачей и производительностью, ведь к тому времени, они будут хорошо знать жизнь предприятия, и будут чувствовать себя на нем «своими».

При всем этом, государство также остается в выигрыше, ведь основной задачей сферы образования является подготовка высококвалифицированных кадров для своей страны. В отличие от России, в Германии основная нагрузка в области образования лежит на предприятиях, которые тратят на повышение профессиональной квалификации своих сотрудников более 40 млрд. евро ежегодно.

К основным преимуществам дуального обучения можно отнести следующее: во-первых, обеспечивается высокий процент трудоустройства выпускников, так как они полностью отвечают требованиям работодателя; во-вторых, достигается высокая мотивация получения знаний, формируется психология будущего специалиста.

Ярославская область вошла в число пяти регионов России, победивших в конкурсе на право реализации проекта по подготовке рабочих кадров на основе дуального образования, инициированном Агентством стратегических инициатив. Его участниками стали работающие в регионе предприятия, такие как, ЗАО «Р-Фарм», ОАО «НПО «Сатурн», ООО «Дистрибуционный центр Бертельсман», ОАО «Ярославская генерирующая компания». К реализации проекта присоединились Ярославский промышленно-экономический колледж, Рыбинский промышленно-экономический техникум, Ярославский автомеханический техникум и Профессиональный лицей № 21.

На площадке НПО «Сатурн» уже применяются принципы дуального образования. Предприятие проводит практики для студентов промышленно-экономического техникума. А несколько лет назад, столк-

нувшись с острой проблемой нехватки рабочих кадров и уровня квалификации трудоустраиваемых работников, руководство предприятия создало современный корпоративный учебный центр.

В Рыбинском промышленно-экономическом техникуме был разработан план мероприятии («дорожная карта») по реализации системного проекта «Подготовка рабочих кадров, соответствующих требованиям высокотехнологичных отраслей промышленности на основе дуального образования». Целью проекта стало совершенствование модели подготовки кадров с учетом реальных потребностей экономики в квалифицированных кадрах для повышения инвестиционной привлекательности Ярославской области. А также были подписаны соглашения о сетевом взаимодействии с ОАО «НПО «Сатурн», ОАО «ОДК-Газовые турбины» и ООО «АДИЯр».

Профессиональный лицей № 21 совместно с ОАО «Ярославская генерирующая компания» разрабатывает новые программы для подготовки сварщиков, наладчиков сварочного и газоплазморезательного оборудования именно для этой компании. Наряду с теоретическими знаниями, полученными в лицее, обучающиеся получат практические навыки непосредственно на предприятии, обучать их будут мастера, которые работают в ОАО «Ярославская генерирующая компания». Таким образом, процесс становления профессионала станет короче, мобильнее, а главное, эффективнее. Также ОАО «Генерирующая компания» планирует выплачивать дополнительную стипендию обучающимся, вошедшим в кластер дуального образования, что должно способствовать повышению интереса к освоению профессии, а по окончании лицея предоставит рабочие места на своих предприятиях в Ярославской области, что в период современного экономического кризиса играет не последнюю роль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» на 2013-2020 гг. (утв. распоряжением Правительства РФ от 15.05.2013 г. № 792-р).
2. План мероприятий («Дорожная карта») «Изменения в отраслях социальной сферы, направленные на повышение эффективности образования и науки» от 30 декабря 2012 г. № 2620-р.
3. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 декабря 2013 года №1324 «Об утверждении показателей образовательной организации, подлежащей самообследованию».

УДК 338.4

ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В РАМКАХ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.В. Чистюнин, А.С. Ермишин

Научный руководитель – А.С. Ермишин, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрено бережливое производство, в частности системы SMED и TPM. Проанализирована деятельность предприятия ЗАО «ВолгАэро» на предмет внедрения систем быстрой переналадки оборудования и всеобщего ухода за оборудованием.

Ключевые слова: *бережливое производство, SMED, TPM, ВолгАэро.*

SERVICE EQUIPMENT IN ACCORDANCE WITH THE CONCEPT OF LEAN

A.V. Chistyunin, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – A.S. Ermishin, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article deals with lean production particularly with SMED and TPM. The activity of the enterprise of «VolgAero» was analyzed for the introduction of systems for quick adjustment of equipment and general care of equipment.

Keywords: *lean production, SMED, TPM, VolgAero.*

Машиностроение является ведущей производственной отраслью в современной России. Большинство предприятий основывает свою деятельность в интересах потребителей, с целью повышения конкурентоспособности относительно иностранных компаний. Однако, при аналогичной стоимости готового изделия, выбор потребителя привлекает иностранная продукция. В связи с этим у отечественных предприятий возникает необходимость существенного снижения затрат на производство.

Внедрение бережливого производства затрагивает многие стороны жизнедеятельности предприятия. В соответствии с концепцией бережливого производства всю деятельность предприятия можно классифицировать так: операции и процессы, добавляющие ценность для потребителя, и операции и процессы, не добавляющие ценности для потребителя. Следовательно, всё, что не добавляет ценности для потребителя, с точки зрения бережливого производства, классифицируется как потери, и должно быть устранено.

Основными целями бережливого производства являются:

1. сокращение затрат, в том числе трудовых;
2. сокращение сроков создания продукции;
3. сокращение производственных и складских площадей;
4. гарантия поставки продукции заказчику;
5. максимальное качество при определённой стоимости либо минимальная стоимость при определённом качестве [1].

Наиболее популярными инструментами и методами бережливого производства являются:

1. Картирование потока создания ценности (Value Stream Mapping).
2. Вытягивающее поточное производство.
3. Канбан.
4. Кайдзен – непрерывное совершенствование.
5. Система 5S – технология создания эффективного рабочего места.
6. Система SMED – быстрая переналадка оборудования.
7. Система TPM (Total Productive Maintenance) – всеобщий уход за оборудованием.
8. Система JIT (Just-In-Time – точно вовремя).
9. Визуализация.
10. U-образные ячейки [2].

Стоит уделить особое внимание системе TPM – всеобщему уходу за оборудованием на примере предприятия ЗАО «ВолгАэро».

Деятельность предприятия основывается на изготовлении компонентов авиационных двигателей для среднемагистральных самолетов. Станочное оборудование, представленное на предприятии, является иностранным, и его наладку и обслуживание осуществляют субподрядные организации. В связи с этим, с целью снижения издержек на субподряд было принято решение внедрения в рамках концепции бережливого производства систем SMED и TPM. В настоящий момент обслуживание оператором включает в себя соблюдение чистоты на рабочем месте, а также снятие масляной пленки с режущего инструмента ветошью.

Большинство предприятий ведут борьбу со спорадическими, внезапными потерями, а на хронические потери внимание уделяется реже. На рис. 1 приведена диаграмма потерь.

Рис. 1. Диаграмма потерь

На диаграмме можно увидеть, что хронические потери имеют больше последствий для жизнедеятельности предприятия. Применение SMED и TPM позволят не только правильно обслуживать оборудование на предприятии, но и дадут возможность перестроить мышление сотрудников, обслуживающих станочное оборудование. Это позволит минимизировать хронические потери.

Во время опроса мнения сотрудников ЗАО «ВолгАэро», который включал в себя работников подразделения «Производство», а также сотрудников группы механика, было выяснено, что количество поломок оборудования можно сократить за счет своевременного проведения регламентных работ, соблюдения эксплуатационного режима и правильного ухода за оборудованием. Результаты опроса мнений представлены на рис. 2 в виде диаграммы опроса мнений.

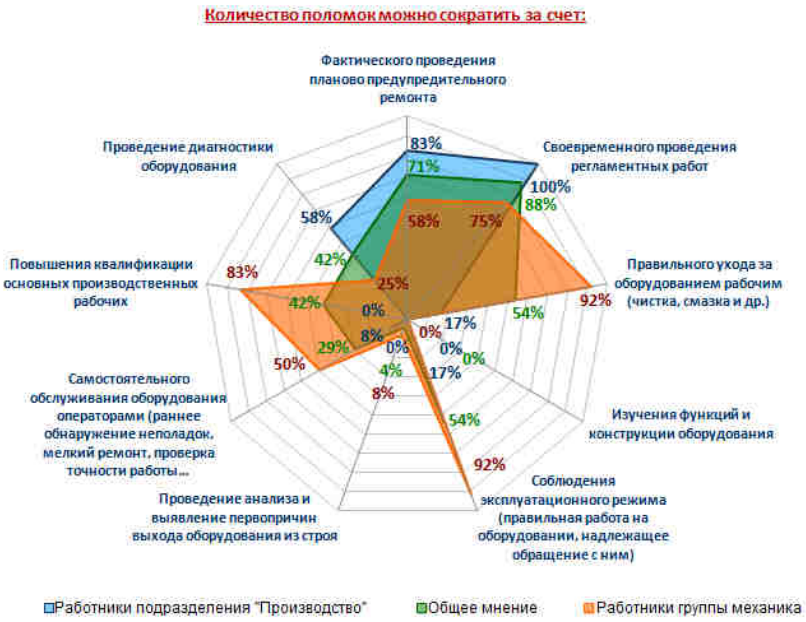


Рис. 2. Диаграмма опроса мнений

Таким образом, внедрение в рамках бережливого производства систем быстрой переналадки оборудования и всеобщего ухода за ним позволит предприятию сэкономить крупное количество денежных средств. Более того, внедрение этих систем дает возможность увеличить навыки сотрудников, повысить их компетентность, а для предприятия – улучшить свою репутацию среди потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Синго С.* Быстрая переналадка: Революционная технология оптимизации производства [Текст] / С. Синго. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. 344 с.
2. Total Productive Maintenance (TPM). Ремонт и реставрация производства. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://worksection.com/blog/total-productive-maintenance.html. Дата обращения: 27.02.2018.

УДК 005.33

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ КРЕДИТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ (НА ПРИМЕРЕ ПАО РОСБАНК)

И.А. Шалаев, В.В. Кочерова

Научный руководитель – В.В. Кочерова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается основной показатель эффективности кредитной организации – качество кредитного портфеля, факторы, влияющие на него и его регулирование с помощью процесса управления персоналом.

Ключевые слова: *кредитная организация, качество кредитного портфеля, управление персоналом.*

MANAGEMENT OF PERSONNEL CREDIT ORGANIZATION BASED ON QUALITY MANAGEMENT OF CREDIT PORTFOLIO (ON THE EXAMPLE OF PJSC ROSBANK)

I.A. Shalaev, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – V.V. Kocherova, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The main indicator of the efficiency of the credit organization is considered - the quality of the loan portfolio, the factors that influence it and regulate it with the help of the personnel management process.

Keywords: *credit organization, quality of loan portfolio, personnel management.*

Эффективная работа коммерческих банков зависит от качества формирования кредитного портфеля. Кредитный портфель представляет собой совокупность остатков задолженности по активным кредитным операциям на определенную дату, т.е. под портфелем кредитов можно понимать все ссуды, выданные клиентам.

Качество кредитного портфеля – это такое свойство его структуры, которое обладает способностью обеспечивать максимальный уровень доходности при допустимом уровне кредитного риска и ликвидности

баланса банка. Низкое качество кредитного портфеля – основная причина убыточной деятельности банков. Соответственно, цель коммерческого банка – это формирования ссудного портфеля оптимальной величины, позволяющей получить максимум прибыли при минимальном риске.

Качество кредитного портфеля зависит от факторов макросреды (не поддающихся управлению со стороны банка) и факторов интеллектуального капитала банка (поддающихся управлению).

Примером кредитной организации является ПАО Росбанк. Эта организация является частью группы Societe Generale – лидирующего универсального европейского банка с более чем 150-летней историей, который на протяжении всего периода своей деятельности демонстрирует способность к росту, противостоянию внешним вызовам и успешной адаптации к изменениям.

Интеллектуальный капитал [1] – вид нематериальных активов. Включает три подкатегории: человеческий капитал, структурный капитал, капитал заказчика. Может включать знания сотрудников, информацию, интеллектуальную собственность. Исходя из определения, обращая внимание на то, что интеллектуальный капитал подразумевает использование и формирование знаний сотрудников для определенных производственных процессов, мы плавно подходим к понятию компетенции.

Компетенция – видимая или измеряемая способность к выполнению необходимых действий. На компетенцию сотрудников влияет база теоретических знаний, моральные ценности, культура труда, знания и навыки, мотивация (поощрение). Любая организация старается развить компетенции сотрудников с помощью проведения дополнительного обучения, а также решить проблемы, связанные с недостатком теоретических способностей, знаний и навыков.

В свою очередь на компетенцию сотрудника оказывают влияние творческие способности, моральные ценности, культура труда, знания и навыки, а также система мотивации в организации. Грамотно замотивированный сотрудник сможет с большей вероятностью раскрыть собственный потенциал и принести пользу для организации.

Проанализировав нормативную документацию организации, а также роль использованных в деятельности организации стандартов [2] (рис. 1), было выявлено, что слабым звеном процесса управления персоналом является система мотивации сотрудников. Для более детального анализа проблемы и предложения решения, необходимо выделить какие задачи выполняет система мотивации на разных этапах процесса управления персоналом (рис. 2).

Система мотивации выполняет функции менеджмента. Она объединяет систему факторов, способствующих выполнению конкретной задачи. Мотивация рассматривается в качестве основной части системы

управления персоналом и бывает материальной и нематериальной. Для определения размера, частоты выплаты премии и бонусов, вводятся ключевые показатели эффективности (KPI).

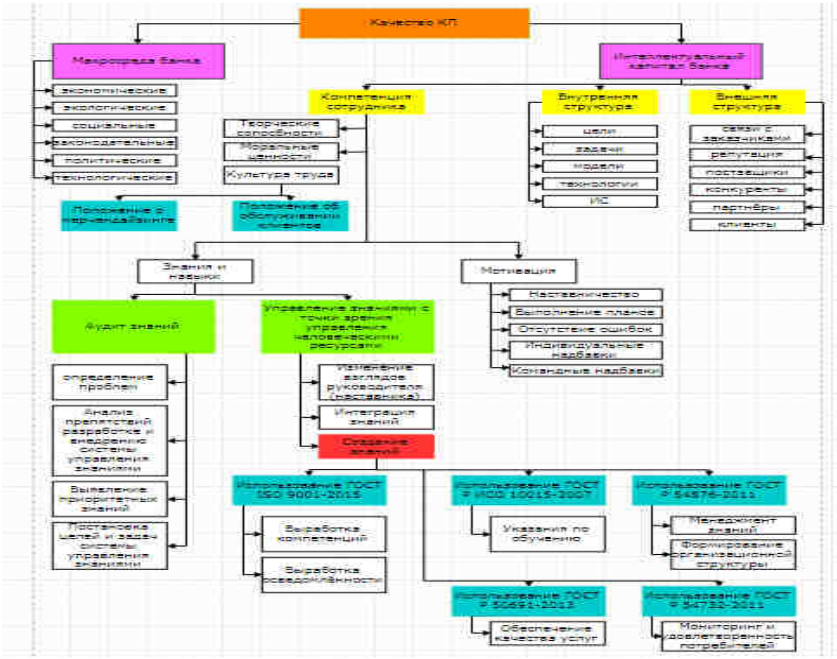


Рис. 1. Структурирование факторов, влияющих на качество кредитного портфеля кредитной организации

К сожалению, стимулирование не всегда способно достичь желаемого результата, происходит процесс демотивации сотрудника. Существуют две основные причины демотивации сотрудника, это материальная неудовлетворенность и психологический дискомфорт. Поэтому, в целях предотвращения появления демотивации, система мотивации персонала должна внимательно контролироваться руководством и подвергаться качественной оценке её соответствия, как потребностям сотрудников, так и содействию достижения стратегических целей.

Для поддержания актуальности системы мотивации, единственным верным решением будет разработка системы обратной связи с персоналом, реализация которой возможна с помощью проведения анкетирования сотрудников.

С помощью анкетирования производится анализ показателей заинтересованности сотрудников в процессе работы, а также уровень удовлетворенности. При проведении анкетирования стоит уделить внимание ранжированию кандидатов.

Таким образом, подводя итог анализа, можно подтвердить, что будущее и успех любой организации зависит от процесса управления персоналом, а именно от системы мотивации сотрудников и поддержания обратной связи, для её актуализации и достижения наибольших результатов деятельности компании.

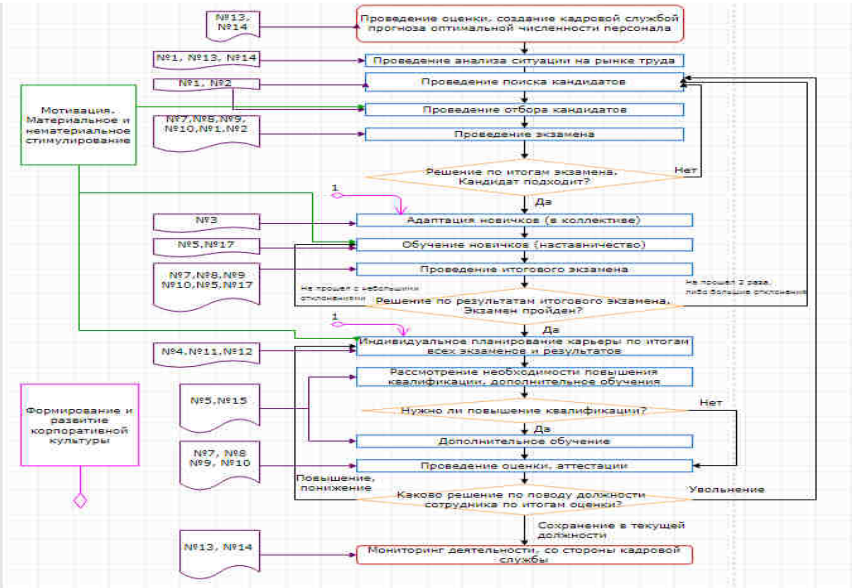


Рис. 2. Схема процесса управления персоналом в кредитной организации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53894-2010 Менеджмент знаний. Термины и определения / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru. Дата обращения: 15.02.2018.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru. Дата обращения: 15.02.2018.
3. Официальный сайт ПАО Росбанк [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.rosbank.ru. Дата обращения: 15.02.2018.