

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

**Семьдесят шестая всероссийская
научно-техническая конференция
студентов, магистрантов и аспирантов
с международным участием**

Часть 2

Сборник материалов конференции

Электронное издание

Ярославль
2023

© Ярославский государственный технический университет, 2023
ISBN 978-5-9914-0998-8

УДК 378:001.891

ББК 74.58

С30

С30 Семьдесят шестая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. 19-20 апреля 2023 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 3 ч. Ч. 2. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2023. – 796 с. – 1 CD-ROM. – Текст: электронный.

Во вторую часть сборника вошли материалы, представляющие результаты научно-исследовательской деятельности студентов, магистрантов и аспирантов в области машиностроения, материаловедения и технологии материалов, автоматизации в производственной и непроизводственной сферах, стандартизации, метрологии и сертификации, управления качеством. Представлены секции промышленного и гражданского строительства, архитектуры и дизайна.

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

Программное обеспечение:
Microsoft Office Word, Adobe Acrobat

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

Редакционная коллегия: Е.О. Степанова, Л.А. Андриянова, И.Г. Абрамов,
С.И. Волгин, Д.Д. Бахаева, Е.Ю. Вавилова, В.Б. Доброхотов, А.С. Ерми-
шин, М.Н. Кюребекова, М.А. Майорова, К.М. Муратова, А.С. Морев,
Т.М. Гусева, К.И. Порсев, П.Б. Разговоров, Т.А. Сиротина, А.А. Павлов,
А.Ю. Соколов, Е.Ф. Трофимов, Л.А. Тюкина, И.В. Тюкин, С.В. Шкиотов,
В.С. Федотов

Редактор В.Б. Доронина

Ответственные за электронные издания: М.А. Канакотина, Е.В. Круглова

Подписано к использованию/размещению на сайте

17.04.2023/18.04.2023

Объем издания: 15,7 Мб

Комплектация издания 1 CD-ROM

Тираж: 50 экз.

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

Контактный телефон: 8 (4852) 44-12-70

Сборник конференции включает материалы следующих секций:

Часть 1

1. Химия и химические технологии
2. Промышленная экология
3. Физико-математические науки
4. Наземные транспортно-технологические комплексы
5. Дорожный и автомобильный транспорт
6. Энергетическое машиностроение

Часть 2

- 1. Машиностроение**
- 2. Материаловедение и технология материалов**
- 3. Автоматизация в производственной и непроизводственной сферах**
- 4. Промышленное и гражданское строительство**
- 5. Архитектура и дизайн**
- 6. Стандартизация, метрология и сертификация**
- 7. Управление качеством**

Часть 3

1. Информационные технологии
2. Экономика и управление
3. Инженерно-педагогическое образование
4. Гуманитарные науки
5. Лингвострановедение и переводоведение
6. Из школы – в ЯГТУ: территория будущего (секция для старшеклассников)
7. Колледж - вуз: грани взаимодействия
8. Физкультура и спорт в вузе

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

1	Ю.И. Владимиров, А.М. Шапошников. ВЛИЯНИЕ СОЖ НА ТЕМП ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА ПРИ РЕЗАНИИ В ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ	21
2	В.Д. Башкирцев, М.А. Агапов, О.Н. Калачев. РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ДЕТАЛИ «КОРПУС РАДИОСТАНЦИИ» В САД СИСТЕМЕ КОМПАС 3D	25
3	А.С. Гуляев, И.С. Басалов, Д.А. Шорохов. О МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОПИСАНИИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ FDM 3D ПЕЧАТНОГО ИЗДЕЛИЯ	30
4	Д.А. Езжев, О.Н. Калачев. РАЗРАБОТКА АНИМИРОВАННОЙ ИНСТРУКЦИИ ПО СБОРКЕ-РАЗБОРКЕ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ВАЛА ЯМЗ-236 В СРЕДЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ	34
5	П.В. Ермакин. СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРЕЗЕНТАЦИИ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО РОБОТА	38
6	К.С. Леон, О.Н. Калачев. СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СУБД MSSQLSERVER И РДМ-СИСТЕМЫ ЛОЦМАН: PLM	44
7	К.С. Леон, О.Н. Калачев. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ	50
8	В.О. Макаров, М.А. Назенцев, А.В. Оборин. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «КРОНШТЕЙН» С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	55
9	А.А. Мохов, Р.В. Ханин, О.Н. Калачев. РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ДЕТАЛИ «ЧЕХОЛ» В САД СИСТЕМЕ КОМПАС 3D	60
10	М.И. Савченков, В.Ф. Безъязычный. К ВОПРОСУ О НЕСТАБИЛЬНОСТИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАБАТЫВАЕМОГО И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ	64

- 11 **А.Ю. Тихова, О.Н. Калачев.** СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭСКИЗА ОСЕВОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ЯЗЫКЕ AUTOLISP В СРЕДЕ NANOCAD 69
- 12 **Т.Н. Новиков, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова.** СКРЕБКОВЫЙ КЛАПАН ДЛЯ ЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДОВ 74
- 13 **Н.Д. Новиков, Е.А. Ефимов, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев.** ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ БЛОК-СХЕМЫ РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОСЕВОГО КЛАПАНА 78
- 14 **С.В. Базунов, В.А. Есипов, Д.А. Тихомиров, А.Б. Капранова.** КОНСТРУКЦИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА С СИСТЕМОЙ СЕПАРАТОР-ПРУЖИНА СЖАТИЯ 81
- 15 **Д.В. Шпилькин, И.И. Верлока, А.В. Грызунов, А.Б. Капранова.** КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕВОГО КЛАПАНА СО СПИРАЛЬНЫМ ДЕЛИТЕЛЕМ ПОТОКА 83
- 16 **Н.Д. Ковпанько, И.А. Овчинников, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев.** ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ КРИОГЕННОГО КЛАПАНА 86
- 17 **Д.Д. Бахаева, Д.В. Стенько, Д.В. Федорова, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев.** КОНСТРУКТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ТВЕРДОЙ ДИСПЕРСНОЙ СМЕСИ 88
- 18 **Д.Д. Бахаева, Д.В. Стенько, Д.В. Федорова, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев.** РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРОБ ИЗ РАБОЧЕГО ОБЪЕМА СМЕСИТЕЛЬНОГО АППАРАТА 92
- 19 **Д.В. Стенько, Д.Д. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Б. Капранова.** О СПОСОБАХ СМЕШЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ 95
- 20 **Д.В. Стенько, Д.Д. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Б. Капранова.** ПРОЕКТИРОВАНИЕ СМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНОЙ НИТИ ПРИМЕНЯЕМОЙ ПРИ 3D-ПЕЧАТИ 98
- 21 **П.К. Бральнина, А.В. Городникова, С.Н. Черпицкий.** РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШАРОВОГО КРАНА С ДЕЛИТЕЛЕМ ПОТОКА 101
- 22 **П.М. Смирнов, С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис.** РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПАЛЬНЫХ СХЕМ БАРАБАННЫХ

	СМЕСИТЕЛЕЙ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ С ЭЛАСТИЧНЫМИ РАБОЧИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ	104
23	П.М. Смирнов, М.Ю. Гаршис. РАЗРАБОТКА ВЫСОКО-РЕСУРСНОГО КОМБИНИРОВАННОГО ФИЛЬТРА ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	108
24	П.М. Смирнов, С.Н. Черницкий, М.Ю. Гаршис. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ГРАВИТАЦИОННО-ПЕРЕСЫПНОГО ДЕЙСТВИЯ	111
25	Д.В. Лебедев, А.Е. Лебедев. ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ДВИЖУЩЕЙСЯ СМЕСИ В ДИСПЕРСНОМ ПОТОКЕ	115
26	И.А. Юраскова, А.В. Евсеев. РЕГРЕССИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ КОНИЧЕСКИХ РОТОРНЫХ ДОЗАТОРОВ ГЕТЕРОГЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СМЕСЕЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ НА НОНМИКСЕРАХ	120
27	Н.Е. Сердобольский, Н.А.Краюхин, Н.В. Бадаева. РАСЧЕТ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НАВЕСА	124
28	Р.А. Калимулин, П.В. Ермакин. ДИСКОВЫЙ ЗАТВОР: ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ	131
29	И.А. Воробьёв, И.С. Шеронина. ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ	134
30	Ю.А. Шаброва, Е.С. Волков, А.В. Ермолов, С.Л. Мазуровский. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ГЛУБИНЫ ПОГРУЖЕНИЯ РАБОЧЕЙ КОРЗИНЫ БИСЕРНОЙ МЕЛЬНИЦЫ	139
31	П.Е Бакланов., А.Е. Лебедев. ЦЕНТРОБЕЖНО-УДАРНАЯ МЕЛЬНИЦА	143
32	Д.Е. Голубев, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов. УСТРОЙСТВО ДЛЯ СМЕШЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ	146
33	А.Е. Лебедев, Т.М. Гусева. АГРЕГАТ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ	149
34	К.С. Дунина, А.Е. Лебедев. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ	152
35	Е.А. Есин, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов. КАТАЛИЗАТОРЫ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	155

36	Е.А. Ефимов, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова. КОНСТРУКЦИЯ ДИСКОВОГО ЗАТВОРА, ПРЕДОТВРАЩАЮЩАЯ ВОЗНИКНОВЕНИЕ КАВИТАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА ЖИДКИХ СРЕД	159
37	К.В. Иваничкин, А.Е. Лебедев. О МОДЕРНИЗАЦИИ КОЛОННЫ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРОПАН-БУТАНОВОЙ ФРАКЦИИ НА УСТАНОВКЕ Г-43-107	163
38	А.И. Иванов, А.Е. Лебедев. ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ СЫПУЧИХ СРЕД	168
39	А.М. Иванов, Я.С. Кокорина, Д.С. Долгин, Ю.А. Веткин. АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЕДЛОВЫХ ОПОР ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СОСУДОВ С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ ОПОРЫ	171
40	И.А. Иванов, И.П. Королев, Д.С. Долгин, Ю.А. Веткин. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ОПИРАНИЯ ПРИВОДА НА КРЫШКУ АППАРАТА С РЕБРАМИ ЖЕСТ-КОСТИ И КОЛЬЦОМ ЖЕСТКОСТИ	175
41	Н.Д. Ковпанько, И.А. Овчинников, А.А. Ватагин. ОЧИСТКА И ПОДГОТОВКА ТЕХНИЧЕСКИХ МАСЕЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯВЛЕНИЯ ОСМОСА	179
42	Я.С. Кокорина, А.М. Иванов, Ю.А. Веткин, Д.С. Долгин. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ЭЖЕКТОРНОГО ДОЗАТОРА ПЕНЫ УСТАНОВКИ ПОДАЧИ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ	182
43	И.П. Королев, И.А. Иванов, Ю.А. Веткин, Д.С. Долгин. ПОДБОР МАГНИТНОЙ МУФТЫ ДЛЯ АППАРАТА С ГЕРМЕТИЧНЫМ ПРИВОДОМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА	186
44	Д.А. Крутилов, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова. РАЗРАБОТКА ТАРЕЛКИ ОТПАРНОЙ КОЛОННЫ УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ	190
45	О.В. Мишанин, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова. ОСЕВОЙ РЕГУЛИРУЮЩИЙ КЛАПАН	194
46	И.А. Овчинников, Е.В. Пшеничникова, А.А. Ватагин. ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОТОКА В СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ	197
47	Ф.С. Орлов, А.Е. Лебедев. НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПРЯМОТОЧНОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА	200
48	Е.В. Пшеничникова, Н.Д. Ковпанько, А.А. Ватагин. ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОНАГРУЖЕННОСТИ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ	203

49	А.В. Сажин, В.А. Тихомиров, А.В. Проворов. ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПОРЫ КОЛЬЦЕВОГО ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ	207
50	В.А. Тихомиров, К.С. Шлыков, А.В. Проворов. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОРЫ ПОСТОЯННОГО УСИЛИЯ КОНСТРУКЦИИ WITZENMANN	211
51	Д.Н. Тупин, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов. О ХЛАДОНОВЫХ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ	215
52	Д.А. Хорев, Я.В. Екимов, Д.С. Долгин, И.С. Гуданов. О ВЫБОРЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СКОРОСТНОГО ТИПА ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СОВМЕСТНОГО ТЕЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	218
53	Д.А. Хорев, Я.В. Екимов, Д.С. Долгин, А.Е. Лебедев. О ВЫБОРЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИНТЕГРАЛЬНОГО (ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО) ТИПА ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СОВМЕСТНОГО ТЕЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	223
54	А.М. Чаленко, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов. О РЕАКТОРАХ ГИДРООЧИСТКИ СЫРЬЯ РИФОРМИНГА В СОВРЕМЕННОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	229
55	В.Н. Силинский, А.Е. Лебедев. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ СМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СМЕШЕНИЯ СУПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ	233
56	К.С. Шлыков, А.В. Сажин, А.В. Проворов. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УЗЛА КРЕПЛЕНИЯ СКРЕБКОВ ПРОПА-НОВОГО КРИСТАЛЛИЗАТОРА	237
57	А.В. Шошнев, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова. КОНСТРУКЦИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЖИДКИХ СРЕД И ГАЗОВ	242
58	Д.В. Федорова, С.А. Фомин. АКТУАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В САПР КОМПАС	246

- 59 **О.К. Украженко, К.А. Украженко.** КЛАССИФИКАЦИЯ И СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗЦОВЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ 251

**СЕКЦИЯ
"МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
МАТЕРИАЛОВ"**

- 60 **О.И. Абросимова, Т.Д. Стоянова.** ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН БРАКА ШЕСТЕРНИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ТЕПЛООВОЗА ВЛ80 256
- 61 **В.С. Бояркин, С.С. Анисеев, Р.И. Гафтулхатов, Н.Г. Макаренко.** НАНОКОМПОЗИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ, ПОВЫШАЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ К КОРРОЗИИ ДЛЯ СТАЛИ 260
- 62 **К.В. Бутин, Д.Т. Березин.** ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИН ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА ТРАНСФЕРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ УСТАНОВОК ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ 264
- 63 **К.Е. Воробьева, Д.И. Казюлина.** ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОСТИ ЛИТЕЙНОГО КОКСА 269
- 64 **Р.А. Глазков, А.И. Коломыцева.** УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЩЕЛОЧЕАКТИВИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ПЕРСПЕКТИВА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ 274
- 65 **Е.П. Кондратьева, Е.А. Кошутина, А.А. Гордеев, К.В. Шокин.** АНАЛИЗ ПРИЧИН БРАКА ЦЕНТРОВОЧНОГО ШТИФТА И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВХОДНОМУ КОНТРОЛЮ 278
- 66 **С.А. Корельская, Т.Д. Стоянова.** ПРИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИЙ ШЕСТЕРЁН ПРИ ЦЕМЕНТАЦИИ И СПОСОБЫ ИХ УМЕНЬШЕНИЯ 282
- 67 **М.А. Мариева, А.А. Шацов, В.А. Козвонин.** ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ САМАРИЯ НА КИНЕТИКУ ПРЕВРАЩЕНИЙ И ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ СВОЙСТВА ПОРОШКОВОГО МАГНИТОТВЕРДОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ FE-CR-CO-MO 285
- 68 **А.Д. Отрокова, Н.С. Лешукова, Е.С. Мельникова, А.В. Комин.** УСЛОВИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СУСПЕНЗИИ ЭРИТРОЦИТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТА НА ГЕМОЛИЗ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИА-

	ЛОВ НА ГЕМОСОВМЕСТИМОСТЬ	292
69	Д.И. Рошин, Т.В. Суханова, Е.Н. Фуртова. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ГИЛЬЗЫ ЦИЛИНДРА С ПОМОЩЬЮ РАЗРУШАЮЩИХ МЕТО- ДОВ КОНТРОЛЯ	296
70	Н.В. Симатов, А.С. Герасимов, Я.С. Ерохин, Н.Г. Мака- ренко. КОНТРОЛИРУЕМАЯ ПРОКАТКА И ТЕРМООБ- РАБОТКА БЕСШОВНЫХ ТРУБ ИЗ МАЛОУГЛЕРО- ДИСТЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ	300
71	А.В. Смирнов, Д.И. Рошин, Е.Н. Фуртова. КОМПЬЮТЕРНЫЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБ-РАЖЕНИЙ МИКРОСТРУКТУР ЧУГУНА	304
72	С.А. Смирнова, Т.Д. Стоянова. АНАЛИЗ ПРИЧИН БРА- КА ПРИ АЗОТИРОВАНИИ ШЕСТЕРНИ ПОДАЧИ МАС- ЛА	307
73	Т.В. Суханова, Д.И. Казюлина. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКС- ПЕРИМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ УСЛО- ВИЙ ХРАНЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ОБЩЕЙ ВЛАГИ В ЛИТЕЙНОМ КОКСЕ	311
74	Д.Е. Теплоков, И.П. Бычихин, А.Г. Тимошенко. ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В НАНО- КОМПОЗИТНОЙ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИИ	315

**СЕКЦИЯ " АВТОМАТИЗАЦИЯ
В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
И НЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРАХ "**

75	Л.Н. Бекина, В.С. Федотов. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙ- РОННЫХ СЕТЕЙ В ПРОЦЕССЕ СЕГМЕНТА- ЦИИ ДЕФЕКТОВ ПЕРЦЕВ	319
76	А.С. Бочманов, В.С. Федотов. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРО- ЦЕССА ОБРАБОТКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ДЕТА- ЛЕЙ НА БАЗЕ РОБОТОВ РФ-202 И РФ-204	322
77	М.А. Веселов, О.Ю. Марьясин. УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИ- МАМИ РАБОТЫ СЕТИ SMARTGRID С ИСПОЛЬ- ЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕП- ЛЕНИЕМ	326
78	И.О. Власов, М.Д. Бобровнический, Л.М. Соболева, О.Н. Кораблева. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В НЕФТЕГА- ЗОВОЙ ОТРАСЛИ	330
79	А.А. Денисов, И.В. Тюкин. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В	

	СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	334
80	А.А. Дьяконов, Н.Г. Семенова. АВТОМАТИЗИРОВАН- НЫЕ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	337
81	А.В. Калачников, Д.Ю. Волков, Д.В. Шамгунов, А.В. Печаткин. МОДЕРНИЗАЦИЯ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕС- КИХ ЖГУТОВ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШ- ЛЕННОСТИ, АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ И СИСТЕМ СВЯЗИ	341
82	А.М. Касимов, А.С. Шашиев, В.С. Бояркин, Н.Г. Мака- ренко. РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ MSEXCEL. АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ЗА- ДАЧ	345
83	Д.А. Кискин, Е.П. Шершуков, А.В. Цибизов, Н.Г. Мака- ренко. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАС- СТОЯНИЯ ДО ОБЪЕКТА В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ	349
84	Д.С. Кокарева, П.А. Колганов, Д.В. Скорынин. ПОВЕРХНОСТНЫЙ ТЕНЗОДАТЧИК НА ОСНОВЕ РЕЗИ- СТИВНОЙ МАТРИЦЫ	353
85	И.И. Приходько, Ю.В. Васильков. ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬ- НОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ	358
86	В.С. Соболев, А.Е. Савенко. СТРАТЕГИЯ ДИАГНОС- ТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ РАЗОМКНУТОЙ ЦЕПИ СИ- ЛОВОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	362
87	А.В. Тарасов, Е.В. Сидоровский, И.О. Воробьев, Д.В. Скорынин. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕ- РЕМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ МАГНИТ-НОГО ПОЛЯ	366
88	Л.И. Тихомиров, О.Ю. Марьясин. ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛИЙ В ДАННЫХ ОБ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИИ КОРПУСОВ ЯГТУ	369
89	Е.Н. Чернякович, С.С. Анисеев, Р.И. Гафтулхатов, Н.Г. Макаренко. СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ СВЯЗИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ (АСУ ТП) ОТ КИБЕРАТАК	374
90	Р.Е. Шабров, О.Ю. Марьясин. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА	378

- 91 **Д.Н. Шевелёв, Е.В. Ломанова.** ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ ПОЛЕТНОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ МАЛЫХ БПЛА НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ 382

**СЕКЦИЯ
"ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО"**

- 92 **А.А. Баруздин, Л.В. Закревская.** РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И СНОСА 386
- 93 **А.О. Мурашов, А.И. Панченко.** МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА С НИЗКОМОДУЛЬНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ 392
- 94 **А.Б. Османов, С.В. Самченко, М.А. Абрамов.** ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КВАРЦЕВОГО ПЕСКА ПРИ ЕГО АКТИВАЦИИ В ЭНЕРГОНАПРЯЖЕННОМ АППАРАТЕ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ 396
- 95 **А.А. Зеленков, И.С. Казакова.** РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ПАНЕЛЕЙ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ КРОВЛИ 400
- 96 **И.А. Волков, Д.А. Кореводов, И.С. Казакова.** ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЗДАНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ 404
- 97 **А.В. Кайдас, А.Е. Савенко.** АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МОРСКИХ ВЕТРЯННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ 408
- 98 **Д.А. Бачериков, М.А. Абрамов.** СОСТАВЫ ДЛЯ РЕМОНТА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ 411
- 99 **Ю.А. Котов, М.А. Абрамов.** ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ТИМ) ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ УСКОРЕННОГО ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ 416
- 100 **А.Н. Мазаева, М.А. Абрамов.** ОЦЕНКА ТРЕБОВАНИЙ К КОНСЕРВАЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ НЕВЫПОЛНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ КОНСЕРВАЦИИ НА КОНКРЕТНОМ ОБЪЕКТЕ 421
- 101 **Ю.И. Савчук, М.А. Абрамов.** ОЦЕНКА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БЕТОНА 425
- 102 **А.В. Владимирова, С.В. Хатюшин.** «ЗЕЛЕНАЯ» РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ТИМ) 429

- 103 **А.А. Петренко, В.А. Благова, И.А. Юмшанова, А.В. Давыдов.** СОЗДАНИЕ УЧЕБНОЙ МОДЕЛИ ПЛАНОВОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ РАЗБИВОЧНОЙ ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЯ ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫМИ ПОСТРОЕНИЯМИ 435
- 104 **Д.Ю. Граф, М.В. Лысанова.** СИСТЕМА ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 439
- 105 **А.Д. Утышев, В.Б. Доброхотов.** АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОНОЛИТНЫХ ПЛИТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПУСТОТНЫХ ВКЛАДЫШЕЙ 444
- 106 **А.А. Журавлёв, Е.В. Захарова, В.Б. Доброхотов.** ПОЛУЧЕНИЕ ЦВЕТНОГО МЕЛКОЗЕРНИСТОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА 449
- 107 **М.В. Гнездов, В.Б. Доброхотов.** ПОЛУЧЕНИЕ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА 453
- 108 **Д.С. Тележняк, А.Б. Лебедев.** ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЁННОЙ ЗАСТРОЙКИ НА СВЕТОВОЙ РЕЖИМ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ 457
- 109 **Ю.Е. Лобанова, А.Б. Лебедев.** ВРЕМЯ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ ОДНО- И ДВУХСЛОЙНЫХ НАРУЖНЫХ СТЕН 461
- 110 **Н.В. Карсаков, А.Б. Лебедев.** АКТИВНОЕ ШУМОПОДАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА 465
- 111 **П.П. Буралков, Д.С. Дехтерев.** МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ 471
- 112 **А.А. Бегоулев, Д.С. Дехтерев.** ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАМОРАЖИВАНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ 477
- 113 **А.С. Сайтов, Г.Н. Голубь.** СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМ ИЗ ГНУТОСВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ И ФЕРМ ИЗ ПАРНЫХ УГОЛКОВ В ПОКРЫТИЯХ ЗДАНИЙ 482
- 114 **К.Е. Дуркина, Г.Н. Голубь.** ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ НОРМИРОВАНИЯ 486
- 115 **Д.А. Макеева, А.Л. Балускин.** СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ИНЪЕЦИРОВАНИЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ СТЕН ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ 490
- 116 **Г.А. Довлатбекян, А.Л. Балускин.**

	ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И СНИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ КЛЕЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	495
117	Н.А. Акельев, А.Л. Балушкин. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПИЛОМАТЕРИАЛОВ	499
118	Д.В. Козин, А.Л. Балушкин. СОВРЕМЕННЫЕ БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ	505
119	Д.О. Тюльпинов, А.Л. Балушкин. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ СТАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ОТ КОРРОЗИИ	508
120	Д.А. Конасова, С.А. Тумаков. УСИЛЕНИЕ ОСНОВАНИЯ ПОД ПОЛОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ	512
121	Ю.В. Силаева, С.А. Тумаков. ОЦЕНКА ОБЩЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ	517
122	Н.А. Маслов, С.А. Тумаков. УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В РАСЧЕТЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ	521
123	А.А. Лучкина, С.А. Тумаков. МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ АРМИРОВАННОГО ОСНОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА ЕМКОСТЬЮ 10000 КУБ. МЕТРОВ	525
124	А.А. Малышев, С.А. Логинова. АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ЭТАПОВ ЕГО ВОЗВЕДЕНИЯ	530
125	А.А. Шалыгина, С.А. Логинова. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	535
126	А.А. Петренко, А.И. Дмитриевская, А.А. Чекалова, А.И. Петров. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	539
127	И.С. Алешковская, С.В. Бородулина, К.А. Куликова. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПАРКОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ Г. ЯРОСЛАВЛЯ	544
128	И.А. Бессонов, Н.С. Комаров, Е.С. Буданова. КОЛЬЦЕВЫЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ОДНОМ УРОВНЕ	549
129	А.Е. Богдюкевич, А.И. Ахременко. О ПРИРОДО-ОХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ ПРИ БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИИ	

	ПРАВОГО БЕРЕГА Р. ВОЛГА В Г. РЫБИНСКЕ	553
130	О.К. Буркова, К.А. Куликова. СОЕДИНЕНИЕ КАРТ ИННОВАЦИОННОЙ 3D-ГЕОРЕШЁТКИ	557
131	О.Ю. Волнушкин, В.М. Дудин. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ И РЕКОМЕН- ДАЦИИ ПО ПРОДЛЕНИЮ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АВ- ТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	560
132	Д.М. Горина, А.И. Ахременко. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ АРТЕЗИАНСКОЙ СКВАЖИНЫ Д. ДЕМИНО РЫБИНСКОГО РАЙОНА ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ	564
133	В.А. Денисов, К.А. Куликова. СТАТИСТИКА ДОРОЖ- НО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИ- ЕМ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ	568
134	Н.С. Комаров, И.А. Бессонов, Е.С. Буданова. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ПО ТИПУ «ТУРБОКОЛЬЦО»	572
135	И.А. Крупенникова, А.И. Ахременко. УЧАСТОК ОЧИ- СТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЦЕХА № 12 ПАО «СЛАВНЕФТЬ – ЯНОС»	577
136	О.В. Лифанова, К.А. Куликова. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТАННОГО ПЭТ-ПЛАСТИКА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	581
137	Д.П. Маслов, В.М. Дудин. АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЫБИНСКОГО МР ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ	585
138	Н.А. Михайлов, Т.А. Третьяков, Д.В. Герасимов. О ПРОБЛЕМЕ МАЛОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ГРАНУЛИ- РОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ С ИС- ПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПО МЕТОДИКЕ МАРШАЛЛА	591
139	А.А. Моисеев, К.А. Куликова. НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯ- НИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРОБОК НА УЛИЧНО- ДОРОЖНУЮ СЕТЬ	596
140	А.В. Морозова, Д.В. Герасимов. ПРИМЕНЕНИЕ ФОС- ФОГИПСА В КАЧЕСТВЕ МИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕ- ГО В ТЕХНОЛОГИИ ХОЛОДНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ АС- ФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	600
141	Н.М. Пешков, В.М. Дудин. АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ, КАК ОДНОГО ИЗ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ФАКТОРОВ ОБЕСПЕ- ЧЕНИЯ ЕЁ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	605

- 142 **А.К. Полищук, К.А. Куликова.** РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ В ГОРОДЕ ЯРОСЛАВЛЕ 609
- 143 **Е.А. Постева, К.А. Куликова.** АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ BIM-МОДЕЛИРОВАНИЯ 613
- 144 **А.Т. Сорокин, Д.В. Герасимов.** К ВОПРОСУ МОДИФИКАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА РЕЗИНОВОЙ КРОШКОЙ 617
- 145 **А.Т. Сорокин, Д.В. Герасимов.** ИСПЫТАНИЯ ПО МОДИФИКАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА РЕЗИНОВОЙ КРОШКОЙ 622
- 146 **Т.А. Третьяков, Н.А. Михайлов, Д.В. Герасимов.** ИСПЫТАНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПО ОБНОВЛЕННОЙ МЕТОДИКЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫМ К АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ СМЕСЯМ 626
- 147 **А.Д. Уличев, А.Д. Магазинюк, Е.С.Буданова.** ОБЪЕМНЫЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ 631
- 148 **М.Е. Харин, Д.В. Герасимов.** К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ПОКРЫШЕК В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 636
- 149 **М.Е. Харин, Д.В. Герасимов.** ИСПЫТАНИЯ ПО МОДИФИКАЦИИ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО РЕЗИНОВОЙ КРОШКОЙ 640
- 150 **О.С. Чанова, В.М. Дудин.** ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРАКТОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕЁ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ 645

СЕКЦИЯ "АРХИТЕКТУРА И ДИЗАЙН"

- 151 **А.Д. Бочкарева, Н.В. Хомутова.** АРХИТЕКТУРА ФАРФОРОВЫХ ЗАВОДОВ РОССИИ 649
- 152 **А.А. Бурова, Т.А. Сиротина.** РЕГЕНЕРАЦИЯ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА 653
- 153 **Э.В. Гелетина, Н.Н. Кудряшов.** МУЗЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ

	ИСТОРИИ ЯРОСЛАВСКОГО КРАЯ	657
154	Е.В. Голубева, С.В. Расторгуев. ЭМОЦИИ И АРХИТЕКТУРА	660
155	Л.В. Зверева, Т.А. Сиротина. ЗАБВЕНИЕ КАК НАДЕЖДА НА НОВУЮ ЖИЗНЬ: РЕГЕНЕРАЦИЯ ПОСЕЛКА ОКТЯБРЬСКИЙ НА КАМЧАТКЕ	664
156	Г.М. Кулигин, Н.В. Хомутова. ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ ТИПОЛОГИИ ЗДАНИЙ СПАСАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ	668
157	П.Ю. Москвина, С.М. Максимов. ЭКО-ОТЕЛЬ НА КРАЮ УТЕСА	672
158	В.Д. Спиренков, Е.В. Синицына. ФОРМИРОВАНИЕ ГИКАМИ ВИРТУАЛЬНОЙ ИГРОВОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МИРОВУЮ КУЛЬТУРУ	676
159	Т.В. Цветкова, С.М. Максимов. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГОРОДА БУДУЩЕГО	680
160	Е.М. Чистякова, Е.В. Митрофанова. ФОРМИРОВАНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ЭКОТУРИЗМА	684
161	А.В. Шахалов, Е.В. Митрофанова. МЕМОРИАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА. ОТ МЕТАФОРЫ К МЕТАФИЗИКЕ	688

СЕКЦИЯ "СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ"

162	И.Н. Соколова, А.П. Чирков. О РАСШИРЕНИИ ОБЛАСТИ АККРЕДИТАЦИИ ПОВЕРОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ	692
163	В.Р. Сапогов, А.П. Чирков. О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ПРОДУКЦИИ С УЧЕТОМ ИНФОРМАЦИИ О НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ	695
164	И.В. Смирнова, Е.М. Румянцева, К.И. Порсев. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЛУЖБЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА	699
165	Е.П. Кондратьева, Л.С. Громова. АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТОВ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ В СФЕРЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ФГБОУ ВО ЯГТУ	703
166	В.А. Шилова, А.П. Чирков. ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ	708
167	А.В. Келарева, С.А. Соловьева. МЕСТО СТАНДАРТОВ ГОСТ Р ИСО 5725 В ПРОЦЕДУРЕ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ	

	ИЗМЕРЕНИЙ	712
168	Е.В. Грязнов, С.А. Соловьева. СТАНДАРТИЗАЦИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ В РОССИИ	716
169	А.С. Карпов, В.А. Иванова. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В РОССИИ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ	719
170	Я.В. Страхова. ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТАНДАРТА ОРГАНИЗАЦИИ	723

СЕКЦИЯ "УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ"

171	Н.С. Арихина, А.С. Ермишин. ПРЕДПОСЫЛКИ РЕИНЖИНИРИНГА ВНУТРЕННЕГО АУДИТА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ	728
172	И.М. Вьюгина, А.С. Ермишин. СИСТЕМА КОРРЕКТИРУЮЩИХ И ПРЕВЕНТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ	732
173	В.М. Гулин, В.В. Кочерова. ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ	737
174	М.-Х.Х. Наурбиев, А.М. Бугрецова, С.А. Царева. ПРОИЗВОДСТВО С НУЛЕВЫМ ДЕФЕКТОМ НА ОСНОВЕ РОБАСТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ООО ПТК «СГМ»)	742
175	К.В. Некипелова, Е.М. Шастина. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОКРАЩЕНИЮ ПОТЕРЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ (НА ПРИМЕРЕ ЗАО «НПО РЕГУЛЯТОР»)	746
176	С.С. Паршина, В.С. Круглова, С.А. Царева. РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ РЕГИОНАЛЬНОГО СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	751
177	А.К. Поверинова, М.Б. Воронин, Е.М. Шастина. ВЛИЯНИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ООО «ПРОТЕМОЛ»)	757
178	А.С. Семенова, С.А. Царева. СТАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ: ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ В УСЛОВИЯХ ПАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»	761
179	А.М. Сироткина, А.С. Ермишин. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АС-	

- ПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ИОТ 765
- 180 **Н.С. Смирнова, А.В. Завгородняя, Д.С. Чистяков, Е.М. Шастина.** НУЖНА ЛИ СЕРТИФИКАЦИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ? 769
- 181 **М.В. Социховский, А.Е. Соколов, А.В. Цибизов, Н.Г. Макаренко.** ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ 773
- 182 **А.М. Фомина, А.С. Ермишин.** РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В ДОКЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ 777
- 183 **К.Н. Фуникова, Я.Э. Ипатова, Е.М. Шастина.** ДИАГРАММА ИСИКАВЫ, КАК СПОСОБ ПОИСКА ПРИЧИН СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОБЛЕМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ») 781
- 184 **А.Ю. Яковлева, И.В. Кустова.** СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ. ЦИКЛ ШУХАРТА-ДЕМИНГА (PDCA) И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ НА ПАО «ОДК-САТУРН» 785

ДОПОЛНЕНИЕ К СЕКЦИИ "МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ"

- 185 **Е.П. Кондратьева, А.В. Келарева, И.Н. Соколова.** ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ АМОРТИЗАТОРА СТРАХОВОЧНОГО СТРОПА ОТ ПАДЕНИЯ С ВЫСОТЫ 789
- 186 **Е.П. Кондратьева, Е.А. Кошутина, А.А.** ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН БРАКА СКОБЫ ИЗ СТАЛИ МАРКИ СТЗСП 793

СЕКЦИЯ "МАШИНОСТРОЕНИЕ"

УДК 621.91.01

ВЛИЯНИЕ СОЖ НА ТЕМП ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА ПРИ РЕЗАНИИ В ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Ю.И. Владимиров, А.М. Шапошников

Научный руководитель – **А.М. Шапошников**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается влияние смазочно-охлаждающих жидкостей на процессы резания при оптимальных условиях и его количественная оценка экспериментальным и расчетным методами.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающие жидкости, машиностроение, механическая обработка, износ инструмента

INFLUENCE OF CUTTING FLUIDSON TOOL WEAR RATE DURING CUTTING UNDER OPTIMAL CONDITIONS

Y.I. Vladimirov, A.M. Shaposhnikov

Scientific Supervisor – **A.M. Shaposhnikov**,
Candidate of Technical Science, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The influence of cutting fluids on cutting processes under optimal conditions and its quantitative evaluation by experimental and computational methods are considered.

Keywords: cutting fluid, mechanical engineering, mechanical treatment, tool wear

Оптимальные условия резания – это резание с такими режимами, при которых темп износа инструмента будет минимален. Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) уменьшают темп износа, увеличивая срок службы инструмента.

Эффективность действия СОЖ оценивается при скоростях резания, обеспечивающих оптимальный темп износа инструмента. Темп износа может определяться экспериментальным и расчетным методами.

При определении темпа износа первым методом проводятся стойкостные эксперименты, результатом которых является график функции $h_{ол}=f(V)$, позволяющий определить относительный линейный износ. Он находится как тангенс угла наклона кривой на участке нормального изнашивания. Проведение таких экспериментов на различных скоростях резания позволяет найти минимум функции $h_{ол}=f(V)$, и оптимальную скорость резания. Недостатком такого метода является его трудоемкость и большие временные затраты. График зависимости силы и термо-ЭДС от скорости резания представлен на рис. 1.

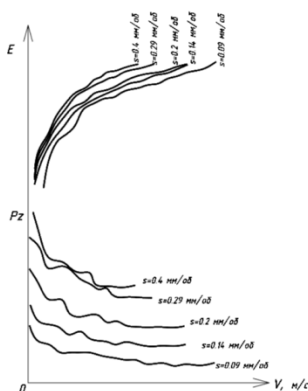


Рис.1. График зависимости силы и термо-ЭДС от скорости

На рис. 2 и 3 представлены сравнительные графики износа инструмента от пути резания при точении материала ЭИ437БУВД резцом ВК8 «всухую» и со смазочно-охлаждающими жидкостями Аквол-2 и ВНИИ Алмаз.

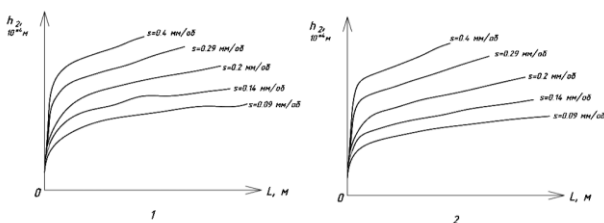


Рис. 2. Графики темпа износа инструмента: 1 – при резании «всухую»; 2 – при применении Аквол-2

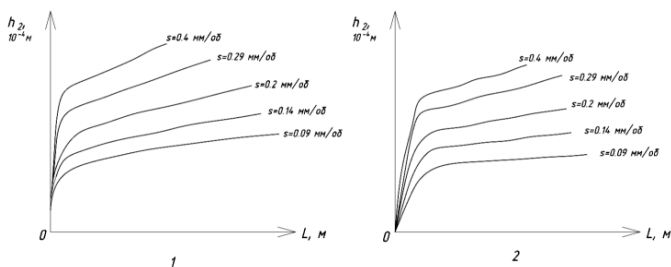


Рис. 3. Графики темпа износа инструмента: 1 – при резании «всухую»; 2 – при применении ВНИИ Алмаз

Помимо экспериментального метода величину износа инструмента можно использовать формулу Кононова Ю.Е. (формула 1).

$$h_{\text{оло}} = 3.5 \cdot 10^{-10} \left(\frac{c\rho\theta_0}{6_H(1+\delta)} \right)^{10} \cdot \left(\frac{\tau_p}{6_B} \right)^7 \cdot \left(\frac{V_0 a_1}{V_0 a_1} \right)^{78.5} \left(\frac{\theta_0}{\theta_H} \right)^{6.3}, \quad (1)$$

где $c\rho = 4,76 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$ – удельная теплоёмкость обрабатываемого материала (ЭИ437БУВД);

$\sigma = 0,25$ – относительное удлинение обрабатываемого материала (ЭИ437БУВД);

$\sigma_B = 1000,62$ МПа – предел прочности обрабатываемого материала (ЭИ437БУВД);

$\theta_0 = 800$ °С - оптимальная температура для пары ЭИ437БУВД – ВК8;

$\sigma_H = 1415$ МПа – предел прочности на изгиб инструментального материала (ВК8);

$\tau_p = 869$ МПа – касательное напряжение в условной плоскости сдвига для обрабатываемого материала (ЭИ437БУВД);

$\theta_H = 1490$ °С – температура плавления инструментального материала;

v_0 – оптимальная скорость резания при соответствующей подаче;

v_0 – оптимальная скорость резания при $S = 1$ мм/об;

a_1 – толщина среза при соответствующей подаче;

a_1 - толщина среза при $S = 1$ мм/об.

Данная формула была получена для резания «всухую». Проверка результатов расчетов по ней показала, что она может быть использована и при условии использования СОЖ. Сравнительные результаты, полученные в результате расчетного и экспериментального методов, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение результатов, полученных экспериментальным и расчетным методами

s, мм/ об	Резание «всухую»		% погр. изм.	Резание С СОЖ Аквол-2		% погр. изм.	Резание с с СОЖ ВНИИ- Алмаз		% погр. изм.
	Экс. $\cdot 10^{-8}$	Расч $\cdot 10^{-8}$		Экс. $\cdot 10^{-8}$	Расч. $\cdot 10^{-8}$		Экс. $\cdot 10^{-8}$	Расч $\cdot 10^{-8}$	
0.09	2.6	2.4	7.7	1.97	2.08	5.3	1.82	1.86	2.3
0.14	3.3	3.4	3	3.54	3.31	7	3.03	2.9	4.1
0.2	4.4	4	9	4.14	4.27	3.1	4.49	4.12	8.2
0.29	7.2	6.5	9.7	6.37	5.95	7.1	6.29	6.61	5.1
0.4	8.3	8.8	7	8.2	8.48	3.3	7.1	8.22	15.7

Полученные проценты погрешности измерений говорят о том, что данные, полученные расчетным методом, слабо отличаются от экспериментальных и, следовательно, могут быть использованы при расчетах режимов резания с СОЖ.

Исходя из данных таблицы 1 можем сделать вывод, что применение теоретических зависимостей (формула 1) определения эффективности СОЖ позволяет избегать трудоемких и длительных экспериментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Макаров А.Д.* Оптимизация процессов резания. М.: «Машиностроение», 1976. 278 с.
2. *Силин, С.С.* Метод подбора при резании металлов. М.: «Машиностроение», 1979. 159 с.
3. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под редакцией С.Г. Энтелиса, С.М. Берлинера. М.: Машиностроение, 1986. 352 с.

**РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ
ДЕТАЛИ «КОРПУС РАДИОСТАНЦИИ»
В CAD СИСТЕМЕ КОМПАС 3D**

В.Д. Башкирцев, М.А. Агапов, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Создание форм-пакета для изготовления заготовки методом литья. Разобраться в CAD системе Компас 3D. Изучить методiku использования твердотельных операций вычитание и разделение на две половины новой детали с внутренней полостью криволинейной формы.

Ключевые слова: CAD, Компас 3D литейная форма, матрица и пуансон, 3D-модель

**DEVELOPMENT AND DESIGN OF A CASTING MOLD
IN CAD SYSTEM COMPASS 3D DETAILS
«RADIO STATION HOUSING»**

V.D. Bashkirtsev, M.A. Agapov, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Creation of a form package for the production of a workpiece by casting. Understand the Compass 3D CAD system. To study the methodology of using solid-state operations subtraction and division into two halves of a new part with an internal cavity of a curved shape.

Keywords: CAD, Kompas 3D, casting mold, matrix and punch, 3D model

Литье под давлением широко применяется в производстве машиностроительной продукции. Скорость выпуска при литье под давлением в зависимости от типа отливки и материала для литья может быть в пределах от 0,5 до 120 м/с. Данный метод обеспечивает высокую точность и незначительную шероховатость поверхности, вследствие чего, некоторые поверхности не требуют дополнительной обработки. Материалы деталей

имеют обширный спектр, он включают в себя цветные металлы на основе алюминия, цинка, а также синтетические материалы, такие как пластмасы, резина и силикон. В данной работе в качестве материала для литья используется алюминиевый сплав АК7Ч. В ходе работы для проектирования подвижных и неподвижных частей литейной формы использовалась система САПР Компас 3D. Результаты проекта может быть использован в качестве примера проектирования литейной формы. Вначале, по снятым размерам существующей модели строится чертеж и модель в системе Компас 3D.

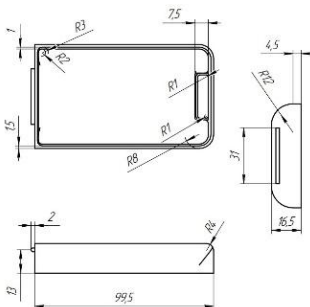


Рис. 1. Результаты обмера натурального образца

Процесс создания 3D-модели корпуса представлен в ключевых шагах. Шаг 1: создаём фигуру ящик, используя команды «Прямоугольник» и «Выдавливание» (рис. 2, а). Шаг 2: вычитаем паз и полостис помощью команды «Выдавливание» (рис. 2, б). Шаг 3: выдавливаем оставшиеся элементы (рис. 2, в). Шаг 4: «Скруглением» завершаем создание 3D-модели (рис. 2, г).

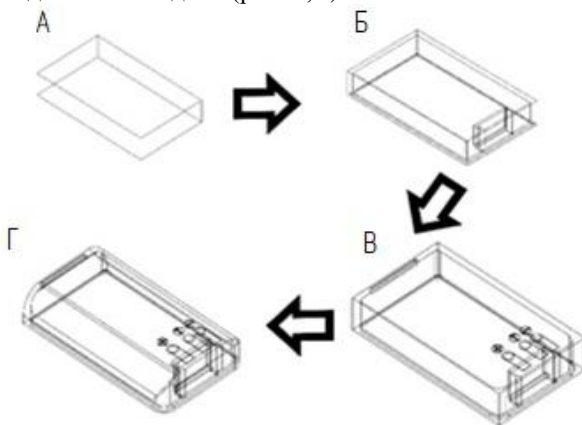


Рис. 2. Создание 3D-модели корпуса

Аналогично строим 3D-модель крышки корпуса (рис. 3).

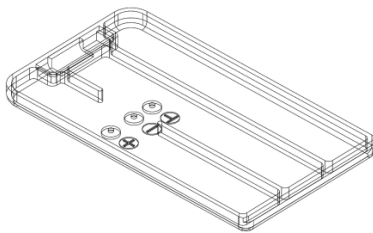


Рис. 3 3D-модель крышки

Далее создаем параллелепипед будущей литейной формы (рис. 4).

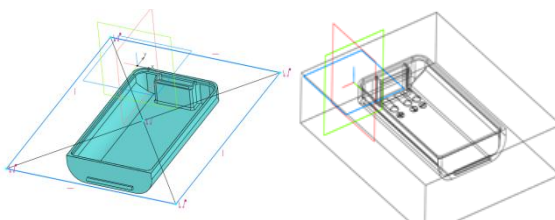


Рис.4.Создание параллелепипеда будущего пакета

Для создания полости выполнили твердотельное вычитание из параллелепипеда модели корпуса (рис. 5).

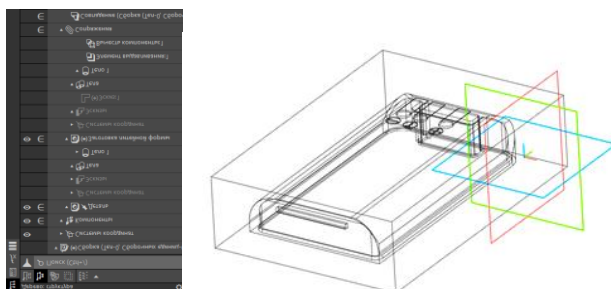


Рис. 5. Созданная заготовка литейной формы (вспом. сбор..dwg)

Теперь создаем новый файл по результату вычитания, для добавления ранее созданной заготовки литейной формы используем

команду «Копировать объект». Затем из списка доступных файлов выбираем эту заготовку литейной формы (рис. 6).

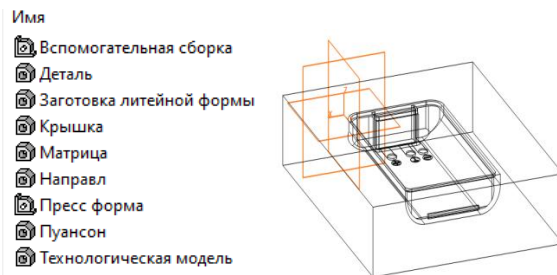


Рис. 6. После поворота деталь в сборке

Далее спроецируем контур заготовки в будущей матрице, используя команду «Спроецировать объект». Выделяем полученный контур и вырезаем выдавливанием до нижней плоскости заготовки (рис. 7).

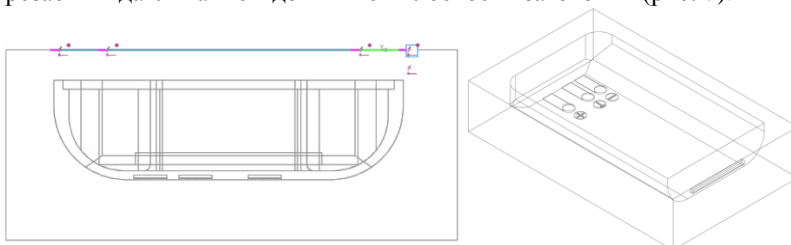


Рис. 7. Спроецированный контур заготовки и вычитание из заготовки

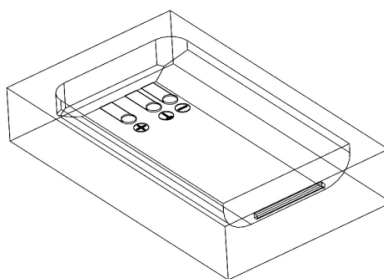


Рис. 8. Полученная матрица

Аналогично построению матрицы строим пуансон.

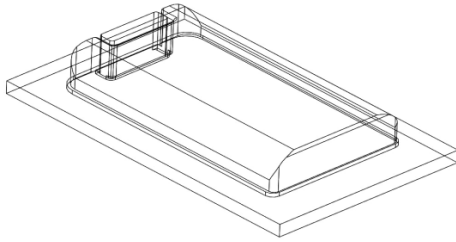


Рис. 9. Полученный пуансон

Для построения пакета пресс-формы создаем новую сборку. Добавляем имитацию верхней плиты пресс-формы, матрицу в центре координат, собственно заготовку и при помощи сопряжения задаем параметры расположения детали в матрице. В заключении добавляем направляющие и отверстие для впрыска металла в составе литниковой системы. Завершая проделанную работу, соединяем это все в модели форм-пакета.

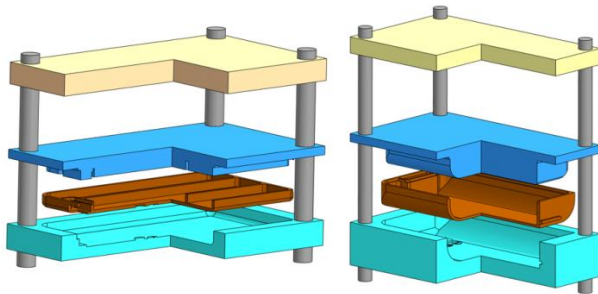


Рис. 10. Пакет пресс-форм для крышки и корпуса

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большаков, В.П.* Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D: Практикум. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 496 с.
2. *Фетисова, Т.С.* Издательство Тольяттинского государственного университета. URL: <https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/378/1/Фетисова%201-30-12.pdf>.
3. *Исагулов, А.З.* Проектирование литейной оснастки: Учебное пособие / А.З. Исагулов, С.Б. Кузембаев, С.Г. Канунникова. Караганда, КарГТУ, 2003. 183 с. URL: <https://reallib.org/reader?file=567690>

О МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОПИСАНИИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ FDM 3D ПЕЧАТНОГО ИЗДЕЛИЯ

А.С. Гуляев², И.С. Басалов², Д.А. Шорохов²

Научный руководитель – **Д.И. Волков¹**, д-р техн. наук, профессор

¹Рыбинский государственный авиационный технический университет

²Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются методики математического описания формирования профиля поверхности при 3D печати по технологии FDM. В связи со сложной спецификой FDM 3D печати, корректное описание и прогнозирование профиля поверхности в зависимости от условий и параметров печати является важной частью оптимизации процесса FDM.

Ключевые слова: Аддитивные технологии, 3D печать, FDM, качество поверхности, профиль поверхности, шероховатость, эффект лестницы

ABOUT THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE FORMING SURFACE STRUCTURE PROFILE BY FDM 3D PRINTED PART

A.S. Gulyaev², I.S. Basalov², D.A. Shorokhov²

Scientific Supervisor – **D.I. Volkov¹**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

¹Rybinsk State Aviation Technical University

²Yaroslavl State Technical University

The methods of mathematical description of the formation of a surface profile during 3D printing using FDM technology are reviewed. Due to the complex specifics of FDM 3D printing, the correct description and prediction of the surface profile depending on the conditions and printing parameters is an important part of optimizing the FDM process.

Keywords: Additive technologies, 3D printing, FDM, surface quality, surface profile, roughness, staircase effect

Процесс *FDM* (*Fused deposition modeling* - послойное наплавление термопластов) является одним из наиболее простых и доступных видов 3D-печати, однако эта технология имеет ряд недостатков: низкая механическая прочность в определенных направлениях нагрузки, характеризующаяся анизотропией свойств, а также трудность получения тонких стенок и низкое качество поверхности.

По сравнению с другими технологиями, например с механической обработкой, аддитивные технологии (АТ) уступают по ряду ключевых параметров, а именно качество готовой поверхности, точности изготовления. Одной из основных проблем получения качественной поверхности в АТ является эффект лестницы (ступенчатый эффект). Если поверхность образует угол относительно направлением слоя, то образуется ступенчатый профиль поверхности. Образование так называемого ступенчатого эффекта гораздо более выражено в случае с наклонными или криволинейными поверхностями. Несмотря на постоянную толщину слоя, при изменении угла наклона поверхности изменяется длина таких ступеней. Ступенчатый эффект в детали ограничивает использование аддитивного производства для изготовления функциональных изделий.

Подходы направленные на повышение качества поверхности можно разделить на два направления: оптимизация непосредственно печати и применение методов постобработки [1]. Вне зависимости от выбранного пути повышения качества поверхности, необходимо учитывать специфику получаемого профиля поверхности. Исходя из статьи [2], относительно качества поверхности деталей из FDM наблюдается заметная неравномерность: при наиболее оптимальной при печати толщине слоя 0,254 мм средняя шероховатость Ra колеблется от 16 мкм до 60 мкм в зависимости от угла наплавления.

В статье [3] исследовано влияние угла наклона на шероховатость поверхности *FDM* изделия. Так при угле наплавления 0° (слой, параллельный столу), профиль образован только внутренним заполнением с высокой степенью периодичности и он характеризуется расстоянием между парами слоев до 0,75 мм, высотой вершины до впадины 180 мкм. При угле наплавления 20° профиль менее регулярен, так как это связано с наличием как внешнего контура, так и внутреннего заполнения. Профиль характеризуется высотой от пика до впадины (около 400 мкм), с интервалом 0,82 мм, что приводит к удлинению участка филамента. При угле наплавления 90° (перпендикулярно столу) нити идеально укладываются друг на друга, профиль характеризуется только внешней стенкой изделия. Этот случай характеризуется наименьшей общей шероховатостью (100 мкм). Из этого можно сделать вывод, что одним из ключевых параметров, влияющих на профиль поверхности является угол наклона.

Для описания профиля можно использовать различные приближения. Например, идеализированные пики профиля деталей, напечатанных методом *FDM* без деформации, можно аппроксимировать следующим выражением [4]:

$$\begin{aligned} x^2 + y^2 &= (t/2\sin\alpha)^2, \\ x \in [-(t/2\sin\alpha), (t/2\sin\alpha)], y > 0, \end{aligned} \quad (1)$$

При моделировании такого специфического профиля, характерного для *FDM* печати может быть использована типичная кривая “второй степени” [5]. Следовательно, правильная подгонка кривой наилучшим образом характеризуют отличительный характер фактического профиля поверхности. На рис. 1 представлена одиночная вершина профиля поверхности.

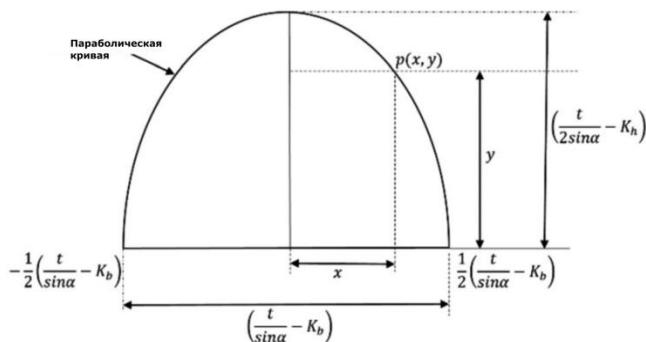


Рис. 1. Описание профиля поверхности *FDM* детали через параболическую кривую

Такая форма поверхности представляет собой кривую второй степени, т.е. состоящую из отрезка параболы. Локальная декартова система координат x - y для моделирования этого профиля, и соответствующий профиль ребра может быть выражен следующим образом:

$$y = ax^2 + bx + c, x \in \left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t}{\sin\alpha} - k_b\right), \frac{1}{2}\left(\frac{t}{\sin\alpha} - k_b\right)\right], y > 0. \quad (2)$$

Авторы в статье [4] исходя из выше описанных выражений и применив метод наименьших квадратов для определения средней линии профиля от пика до впадины предложили следующее выражение, описывающее среднюю шероховатость для профиля, состоящего из параболического профиля. Оно обеспечивает различие между пиками и впадинами в зависимости от четырех конкретных величин, а именно толщины слоя

(t), угла наклона (α) и коэффициентов отклонения профиля поверхности, т. е. k_b и k_n . Уравнение средней шероховатости для такого профиля было предложено в следующем виде:

$$R_a(\mu m) = \frac{2000}{(t/\sin\alpha - k_b)} \left(\int_0^{x_c} (\underline{y} - y) dx + \int_{x_c}^{1/2(t/\sin\alpha - k_b)} (y - \underline{y}) dx \right). \quad (3)$$

Вышеописанные подходы рассматривают профиль поверхности FDM изделия как последовательность форм, от полукруглой, до более сложной кривой второго рода типа парабола. Однако стоит отметить, что все приведенные математические формулировки учитывают лишь геометрические параметры, т.е. описываемый профиль идеализируется с помощью геометрических выражений (высота пика, ширина пика, расстояние между пиками и т.д.). В статьях не учитывается влияние “физических” параметров, в частности специфика материалов. Различные филаменты имеют индивидуальный диапазон рабочих температур, применяемых при печати, соответственно, в зависимости от температуры поведение пластика в вязкотекучем состоянии будет разное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуляев, А.С. Фрезерная обработка полимерных изделий, полученных по технологии FDM 3D-печати, как способ повышения качества поверхности / А.С. Гуляев, И.С. Басалов // Электрофизические методы в современной промышленности: Материалы V Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов 15-16 ноября, 2021 г. Пермь: ПНИПУ, 2022. С. 141-144.
2. *Boschetto, A.* Modelling micro geometrical profile in fused deposition process / A. Boschetto, V. Giordano, F. Veniali // Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2011. - 61(9-12). P. 945-956.
3. *Boschetto, A.* Finishing of Fused Deposition Modeling parts by CNC machining / A. Boschetto, L. Bottini, F. Veniali // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2016. Vol. 41. P. 92-101. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2016.03.004>.
4. *Taufik, M.* "A Study of Build Edge Profile for Prediction of Surface Roughness in Fused Deposition Modeling." ASME / M. Taufik, P.K. Jain // J. Manuf. Sci. Eng. June 2016; 138(6): 061002. URL: <https://doi.org/10.1115/1.4032193>.
5. *Ahn, D.* "Representation of Surface Roughness in Fused Deposition Modeling," / D. Ahn, J. H. Kweon, S. Kwon, J. Song, S. Lee // J. Mater. Process. Technol. 2009. 209(15). P. 5593–5600.

РАЗРАБОТКА АНИМИРОВАННОЙ ИНСТРУКЦИИ ПО СБОРКЕ-РАЗБОРКЕ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ВАЛА ЯМЗ-236 В СРЕДЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Д.А. Езжев, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается методика создания AR–приложения на движке Unity совместно с Vuforia Engine для отображения анимированной инструкции по сборке-разборке различных узлов деталей машин на примере изделия с предприятия ПАО «Автодизель» ЯМЗ «ЯМЗ-236».

Ключевые слова: CAD, 3D-модель, AR, Unity, Vuforia Engine, инструкция, анимация

DEVELOPMENT OF ANIMATED INSTRUCTIONS FOR ASSEMBLY AND DISASSEMBLY OF THE YMZ-236 INTERMEDIATE SHAFT IN AN AUGMENTED REALITY ENVIRONMENT

D.A. Ezzhev, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The technique of creating an AR application on the Unity engine together with the Vuforia Engine for displaying animated assembly and disassembly instructions for various machine parts components on the example of a product from the company PJSC «Avtodiesel» YMZ «YMZ-236» is considered.

Keywords: CAD, 3D model, AR, Unity, Vuforia Engine, instruction, animation.

Технологии дополненной реальности (AR–технологии) в последние годы активнее используются в различных сферах человеческой деятельности, например, в образовании, туризме или здравоохранении. Но нераскрытым остаётся потенциал данной технологии в машиностроительном производстве.

На данный момент актуально исследование возможности внедрения AR-технологии на различных этапах жизненного цикла машиностроительных изделий. Известны публикации, например [1], посвященные экранной сборке станочных приспособлений из деталей, подготовленных технологами в CAD-системах. Такие технические иллюстрации наглядны, но не всегда дают полное представление о динамических этапах соединения деталей. В работах [2–4] показаны идеи использования дополненной реальности, которая может устранить этот недостаток, а в источнике [5] говорится о том, что приобщение к дополненной реальности должно происходить уже на этапе обучения в высших учебных заведениях.

В данной работе рассматривается создание мобильного AR-приложения для визуализации сборки-разборки вала ЯМЗ-236.

Для выполнения поставленной цели использовался следующий комплект программных средств:

1. Unity – это среда разработки игр и приложений, соединяющая в себе ПО различного рода: компилятор, текстовый редактор, отладчик и т.д.

2. Vuforia Engine – это набор разработки программного обеспечения для создания приложений, работающих со средой дополненной реальности. Этот набор свободно импортируется и реализуется в среде разработки игр/приложений «Unity».

3. Любая CAD-система, способная экспортировать 3D-модели в формате *.obj, поскольку это наиболее удобный формат для передачи файлами в среду «Unity». Методика разработки мобильного AR-приложения в виде схемы представлена на рис. 1.

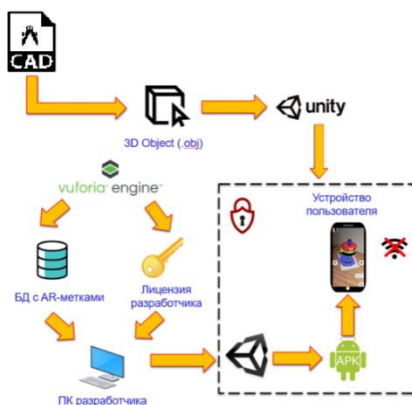


Рис. 1. Методика разработки мобильного AR-приложения

Сначала в CAD-системе создавались цифровые прототипы изделий, входящих в сборочную единицу, и экспортировались в формате *.obj.

Далее регистрировалась лицензия разработчика и создавалась база данных AR-меток типа «Device». Всё это загружалось на ПК, после чего импортировалось в среду разработки «Unity».

Следующий этап включал в себя работу в среде «Unity». На данном этапе обеспечивалось наполнение контентом разрабатываемого AR-приложения: на сцене располагались и окрашивались модели деталей (рис. 2), задавалась их логика и последовательность перемещений элементов изделий через построение цепочки событий (рис. 3), задавались элементы пользовательского интерфейса. Также улучшалась идентификация деталей путём добавления звукового сопровождения. Для этого все объекты оснащались элементом типа «Collider» и прописывался скрипт для обеспечения звукового сопровождения.

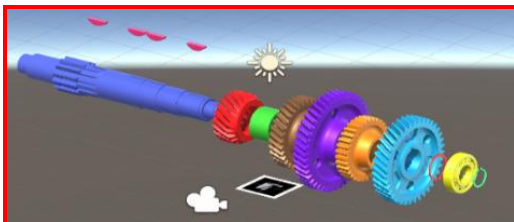


Рис. 2 Модели изделия в рабочем пространстве



Рис. 3. Логическая цепь анимации

Последним шагом являлась компиляция проекта под заданную операционную систему. После этого на ПК загружалось приложение с расширением исполнительных файлов соответствующей операционной системы. На рис. 4 показана созданная сборка с экрана устройства под управлением ОС Android.

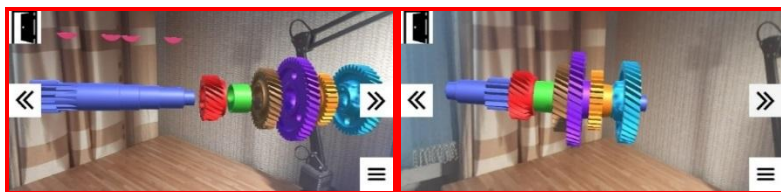


Рис. 4 Использование AR-приложения

Таким образом, на примере изделия «Промежуточный вал ЯМЗ-236» был описан один из самых популярных и доступных методов реализации дополненной реальности: разработка мобильного приложения на движке «Unity» с интеграцией библиотек ПО «Vuforia Engine». Данная схема реализации является если не самой, то одной из эффективных по времени и трудоёмкости. Она подразумевает наличие геометрических 3D-моделей используемых деталей, что в настоящее время является нормой практически на каждом машиностроительном предприятии. Благодаря этому внедрение технологии дополненной реальности может происходить в более быстром темпе, привнося увеличение эффективности различных процессов, повышение стабильности по качеству и появление обучающих материалов для персонала и потребителя готовой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калачев, О.Н.* Автоматизация проектирования в MCAD-системе сборок типовых приспособлений для механообработки / О.Н. Калачев, Е.А.Чумак // Автоматизация и современные технологии. Москва, 2004. № 6. С. 18-25.
2. *Феофанов, А.Н.* VR/AR-технологии и их применение в машиностроении / А.Н. Феофанов, А.В. Охмат, А.В. Бердюгин // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2019. № 4(06) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vr-ar-tehnologii-i-ih-primeneniye-v-mashinostroenii> (Дата обращения 01.02.2023).
3. *Старостин, В.А. и др.* Перспективы использования AR-технологий в наукоемком производстве // КиберЛенинка предоставляет возможность читать тексты научных статей бесплатно. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-ar-tehnologiy-v-naukoeomkom-proizvodstve> (Дата обращения 01.02.2023).
4. *Старостин В.А. и др.* Внедрение AR-технологий на машиностроительных предприятиях // КиберЛенинка предоставляет возможность читать тексты научных статей бесплатно. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedreniye-ar-tehnologii-na-mashinostroitelnyh-predpriyatiyah> (Дата обращения 01.02.2023).
5. *Rizov, T.* Augmented reality as a teaching tool in higher education / T. Rizov, E. Rizov // КиберЛенинка предоставляет возможность читать тексты научных статей бесплатно. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/augmented-reality-as-a-teaching-tool-in-higher-education> (Дата обращения 10.02.2023).

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРЕЗЕНТАЦИИ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО РОБОТА

П.В. Ермакин

Научный руководитель - **А.А. Кулебякин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются возможности аппаратного и программного обеспечения для презентации голографического робота - манипулятора. Вопросы создания такого оборудования, в том числе для компьютерных технологических систем, являются актуальными. Целью данного исследования является анализ программного обеспечения и особенностей построения голографической презентации робота-манипулятора.

Ключевые слова: устройство визуального отображения 3-D информации, программное обеспечение для создания голографической презентации, робот-манипулятор, голографический проектор.

CREATING A PRESENTATION PROGRAM A HOLOGRAPHIC ROBOT

P.V. Ermakin

Scientific Supervisor – **A.A. Kulebyakin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the possibilities of hardware and software for the presentation of a holographic robot manipulator. The issues of creating such equipment, including for computer technology systems, are relevant. The purpose of this study is to analyze the software and features of building a holographic presentation of a robot manipulator.

Keywords: device for visual display of 3-D information, software for creating a holographic presentation, robot manipulator, holo-graphic projector.

1. Технология передачи изображений

Голография — метод регистрации информации, основанный на интерференции волн. Оптическая голография — разновидность голографии. Изображение, получаемое с помощью голографии, называется голограммой. Голографическая проекция – это объемное изображение, которое в точности передает существующий (и не только) объект. Желаемый для дальнейшего изображения предмет регистрируется с помощью большого количества лазеров, а потом – воссоздается в другом месте. В 2018 году уже разработано 2 вида данной технологии: голографическая проекция на экране и в воздухе [1].

Конструкцию робота из библиотеки известной учебной программы, можно использовать для создания программы презентации производственного робота. На рис. 1. представлен производственный робот из библиотеки программы V-REPROEDUv3.2.0 [3].

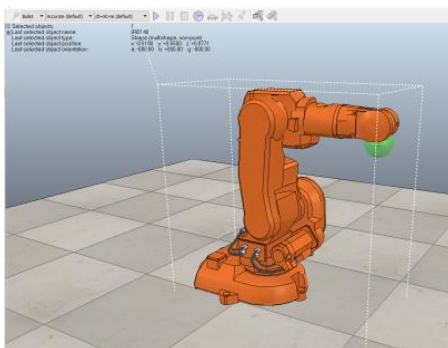


Рис. 1. Робот-манипулятор

Проекция в воздухе стала возможна лишь несколько лет назад. Для создания такого эффекта был разработано устройство отображения информации - поливизор. В 2020 году должны были появиться первые модели голографических телевизоров. Microsoft разработала технологию голопортации. Специалисты лаборатории Digital Nature Group из Японии научились с помощью фемто-секундных лазеров создавать голограммы, которые к тому же можно потрогать руками. В ряду новейших технологий передачи информации – видеоконференции и интерактивная голография, формирующая эффект висящей в воздухе прозрачной поверхности [2].

2. Виртуальная и дополненная реальность

Виртуальная реальность (ВР, англ. Virtual reality, VR, искусственная реальность) – созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, осязание и другие. Виртуальная реальность имитирует как воздействие, так и реакции на воздействие. Для создания убедительного комплекса ощущений реальности компьютерный синтез свойств и реакций виртуальной реальности производится в реальном времени. Не следует путать виртуальную реальность с дополненной. Их коренное различие в том, что виртуальная конструирует новый искусственный мир, а дополненная реальность лишь вносит отдельные искусственные элементы в восприятие мира реального. Дополненная реальность (англ. augmented reality, AR — «дополненная реальность») — результат введения в зрительное поле любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и изменения восприятия окружающей среды. [4]

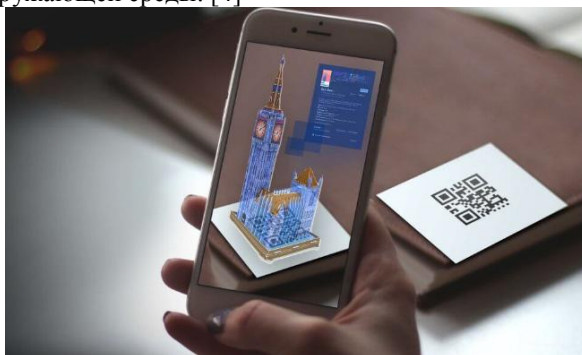


Рис. 2. Пример дополненной реальности

3. Создание голограммы с помощью смартфона

Простейший 3D-проектор можно построить из обычного смартфона. Компания RED в июле прошлого года представила первый смартфон с 5,7 дюймовым голографическим экраном – RED Hydrogen One.

Подготовка программы возможна, например, в среде PowerPoint, ProfiScratch, AfterEffects, 3DMax и др. Видеоролики создаются с расширением *.MP4, *.MPEG и др. Поддерживаются форматы: JPM4, AVI, RMVB, MKV, JPG, GIF. Каждое из изображений проецируется на свою грань, а при просмотре наблюдатель видит сразу все четыре изображения, которые сводятся в единую трехмерную картинку гранями пирамиды.

4. Создание голограммы с помощью ноутбука

Создание голографического изображения возможно при помощи ноутбука. Для этого выполняют построение усеченной пирамиды с габа-

ритами - 240*40*140 (мм). На рис. 3 представлена пирамида для ноутбука.



Рис. 3. Пирамида для ноутбука

На рис. 4 представлена пирамидальная голограмма производственного робота на ноутбуке.

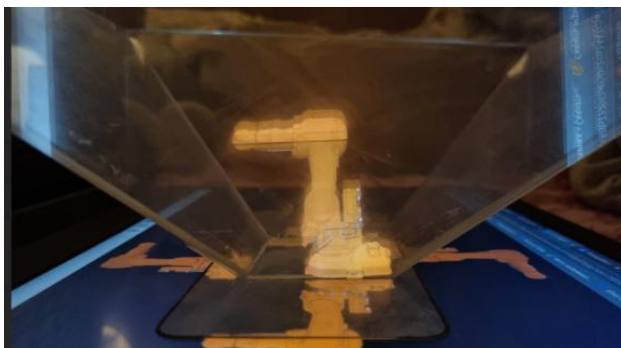


Рис. 4. Голограмма производственного робота на ноутбуке

5. Изображение в воздухе - специальная проекция, выполненная при помощи голографического проектора или лазерного проектора. Голографический проектор для изображения в воздухе - создает изображение в воздухе при помощи вращения адресной светодиодной ленты и чипа, созданного на платформе Arduino. [6].

Для голографических проекторов характерны следующие особенности: наличие специальной программы для работы компьютера (ноутбук); дистанционное управление. Видео изделия загружается на флеш-карту памяти, далее можно создавать изображение в воздухе. Поддерживаются: форматы фото - JPG, GIF и форматы видео - MPEG, MP4, AVI.

Портативный голографический проектор MAX3D-Z7 представляет собой вентилятор со светодиодным дисплеем, на котором можно отображать трехмерные голограммы. Проекторы-вентиляторы создают изображение в результате быстрого вращения. С помощью контроллеров вырабатывается серия световых импульсов под вращающийся момент. В результате мы видим яркое трехмерное изображение. Для того чтобы управлять таким устройством, надо скачать специальное приложение и запустить его.

6. Область применения голографического изображения

Голографическая проекция применяется в таких направлениях, как например:

1. Голографический лектор или ведущий.
2. Связь на значительном расстоянии. Создается эффект присутствия этого самого человека.
3. Мобильные технологии станут более информативными с помощью таких технологий.
4. Медицина. Уже в наши дни существует возможно создать 3D-голографическую модель области проведения операции.
5. Автоника. Голографический экран на лобовом стекле автомобиля, с основными параметрами авто.
6. В области городской дорожной разметки - применяют голографические изображения, полученные при помощи голо-проектора.
7. Основные характеристики голографических проекторов

Характеристики голографического проектора MAX3D-Z7 1. Размер вывода изображения: 42*42 см. 2. Разрешение: 224*224px. 3. Источник света: LED RGB. 4. Срок эксплуатации LED: 100000 часов. 5. Питание: 16,8 V 2A (AC100-240 V 50/60Hz). 6. Мощность: 20 Вт. 7. Поддерживаемые форматы: JPM4, AVI, RMVB, MKV, JPG, GIF. 8. Сборка видео-стен из нескольких приборов. 9. Режимы управления: Wifi с PC, Android и Iphone. 10. SD карта в комплекте: 8 Gb. Голографический проектор DSee-100 является светодиодным проектором, также обладающим прогрессивными характеристиками.

Заключение.

В результате проведенных исследований выяснили, что голографическая проекция может быть использована для обучения при конструкторско-технологической подготовке производства.

Проведенные наблюдения и эксперимент убеждают в правильности существующей гипотезы: если установить пирамиду на экран смартфона, или ноутбука с видеоизображением, то в центре пирамиды образуется пространственный голографический образ робота-манипулятора. При помощи светодиодного голографического проектора образуется его трех- мерная голографическая проекция в воздухе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Микаэлян, А. Л.* Голография // Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. М. : Советская энциклопедия, 1969-1978.
2. *Денисюк, Ю.Н.* Голография / Ю.Н. Денисюк, Д.И. Стаселько; гл. ред. Ю.С. Осипов // Большая российская энциклопедия : [в 35 т.]. М.: Большая российская энциклопедия, 2004-2017.
3. *Бжихатлов, И.А.* Моделирование робототехнических систем в программе V-REP: уч.-метод. пособие. СПб: Университет ИТМО, 2018. 59с.
- 4 *Носов, Н.А.* Виртуальная психология. - М.: «Аграф», 2000.
5. *Франсон, М.* Голография = Holographie (фр.) / перевод Ю. И. Островский. М.: «Мир», 1972. 246 р.
6. *Петин, В.А.* Проекты с использованием контроллера Arduino. БХВ-Петербург, 2014. 400 с.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СУБД MSSQLSERVER И PDM-СИСТЕМЫ ЛОЦМАН: PLM

К.С. Леон, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены методика добавления графической информации в базы данных, создание отчета на их основе и методика подготовки и загрузки графической информации в ЛОЦМАН: PLM. Произведен сравнительный анализ этих методик.

***Ключевые слова:** машиностроение, информационное обеспечение, система управления базами данных, базы данных, PLM, PDM, CAD/CAM*

COMPARISON OF METHODS FOR IMPLEMENTING INFORMATION SUPPORT BASED ON MS SQL SERVER DBMS AND PDM-SYSTEM LOODSMAN: PLM

K.S. Leon, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The method of adding graphical information to databases and creating a report based on them and the method of preparing and uploading graphical information to the LOODSMAN:PLM are considered. A comparative analysis of these techniques has been made.

***Keywords:** mechanical engineering, information support, database management system, databases, PLM, PDM, CAD/CAM*

В настоящее время очевидна потребность создавать и поддерживать цифровое информационное обеспечения (ИО) машиностроительного производства [1-3]. В этой связи представляется актуальным исследова-

ние методов создания информационного пространства на предприятиях машиностроительной отрасли.

Рассмотрим вначале методику создания ИО путем совместного использования системы управления базами данных (СУБД) MSSQLServer и приложения ReportBuilder.

Перед созданием базы данных (БД) необходимо продумать ее структуру (рис. 1), которая будет приближена к информации, представляемой в ЛОЦМАН: PLM. Данная структура позволяет хранить в БД ключевую информацию о машиностроительном объекте, а также осуществлять поиск по многим параметрам.

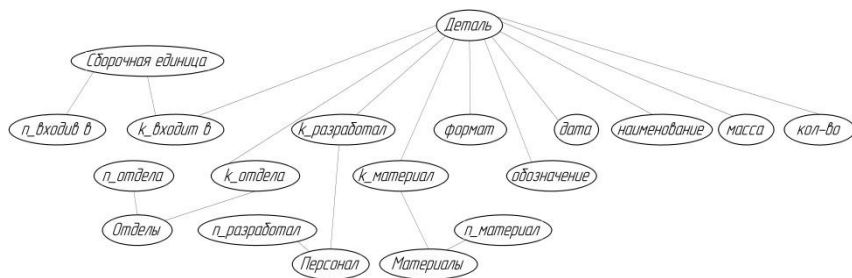


Рис. 1. Структура разрабатываемой БД

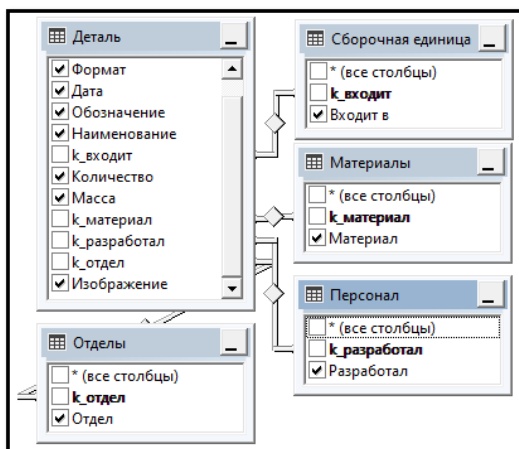


Рис. 2 . Взаимосвязи между таблицами БД

Теперь средствами СУБД создадим пять взаимосвязанных таблиц,

в том числе одна будет основной и четыре других – вспомогательными. В основной таблице будет храниться индивидуальная информация о деталях и внешние ключи к повторяющейся информации вспомогательных таблиц.

После создания и заполнения таблиц создается представление БД. В нашем случае мы логически связываем таблицы (рис. 2), благодаря чему получаем результирующую таблицу с подставленными значениями ключей.

Перед началом работы в ReportBuilder необходимо добавить столбец, содержащий графическую информацию об объектах БД. Для этого необходимо выполнить запрос, содержащий команды для создания столбца и добавления в него графической информации в виде файла изображения. После этого получаем таблицу с графической информацией в виде двоичного кода (рис. 3).

Формат	Дата	Обозначение	Наименование	k_входит	Количество	Масса	k_материал	k_работал	k_отдел	Изображение
1	2022-12-04	236-1701048-6	Вал промежуточный	1	1	7.25	1	1	1	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
2	2022-12-04	236-1701050	Шестерня 2й передачи	1	1	2.20	1	2	2	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
3	A2	2022-12-04	236-1711051	Шестерня 5й передачи	1	2.35	1	2	2	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
4	A2	2022-12-04	236-1701053	Шестерня 5й передачи	1	2.42	1	2	2	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
5	A2	2022-12-04	236H-1701057	Шестерня постоянного зацепления	1	3.11	1	2	2	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
6	A2	2022-12-04	236-1701057-6	Шестерня отбора мощности	1	3.28	1	2	2	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
7	A4	2022-12-04	236-1701059	Втулка распорная	1	0.50	2	3	2	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
8	A4	2022-12-04	314000-01	Шпилька M6x13	1	0.15	3	3	2	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
9	A4	2022-12-04	236-1701063	Кольцо 5й	1	0.07	3	3	2	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
10	A4	2022-12-04	236-1701067-A	Кольцо 4й	1	0.05	3	3	2	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
11	A3	2022-12-04	6-42308 АК ДС	Подшипник: 6-42308AK	1	0.25	4	1	1	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
12	A3	2022-12-04	6-42308 АП1МДС	Подшипник: 6-42308 АП1М	1	0.35	4	1	1	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...
13	A3A	2022-12-04	236H-1701047	Промежуточный вал КП	2	22.43	5	2	2	0xFFD8FFE000104A464946000010101025802580000FFD800...

Рис. 3. Добавленные изображений

Для визуализации двоичного кода изображений необходимо использовать ReportBuilder – приложение для формирования отчетов на основе БД.

Перед созданием отчета необходимо подключить БД, а также получить набор данных, который образует намеченное ранее представление.

На основе этого набора формируется файл отчета в виде таблицы с привязанной информацией БД. В него добавляем строку, которая будет отображать общую массу входящих в изделие деталей, которая подсчитывается выражением, суммирующим результаты произведения значений из ячеек «Масса» и «Количество».

В результате получаем таблицу отчета (рис. 4), которая будет автоматически обновляться при обновлении информации БД.

Теперь рассмотрим, как происходит процесс создания той же структуры изделия в PDM-системе ЛОЦМАН: PLM. Предварительно подготовим векторную графическую информацию, например, в виде чертежей, для чего используем САПР КОМПАС-3D.

Сборочные единицы














Входит в	Формат	Обозначение	Наименование	Количество	Масса, кг	Материал	Разработал	Отдел	Дата	Изображение
236.00.00.00-01	A3x4	236Н-1701047	Промежуточный вал КП	1	22,43	Нет материала	Леон	ОГК 2	04.12.2022	
				Общая масса	22,43					
236Н-1701047	A4x4	236-1701048-Б	Вал промежуточный	1	7,25	15ХГН2ТА	Морозов	ОГК 1	04.12.2022	
A2		236-1701050	Шестерня 2в передачи	1	3,30	15ХГН2ТА	Леон	ОГК 2	04.12.2022	
A2		236-1701057-Б	Шестерня сборная	1	3,30	15ХГН2ТА	Леон	ОГК 2	04.12.2022	
A4		236-1701059	Втулка распорная	1	0,05	Ст3	Леон	ОГК 2	04.12.2022	
A4		236-1701063	Кольцо 55	1	0,05	Ст3	Леон	ОГК 2	04.12.2022	
A4		236-1701067-А	Кольцо 40	1	0,05	Ст3	Леон	ОГК 2	04.12.2022	
A2		236-1711051	Шестерня 3в передачи	1	3,30	15ХГН2ТА	Леон	ОГК 2	04.12.2022	
A2		236Н-1701057	Шестерня постоянного зацепления	1	3,30	15ХГН2ТА	Леон	ОГК 2	04.12.2022	
A2		236V-1701053	Шестерня 5в передачи	1	2,42	15ХГН2ТА	Леон	ОГК 2	04.12.2022	
A4		314000-П	Шпилька 54x10x13	4	0,15	65Г	Балтаев	ОГК 2	04.12.2022	
A3		6-42308 АК ДС	Подшипник 6-42308АК	1	0,25	ШХ15	Морозов	ОГК 1	04.12.2022	
A3		6-42308 А.П.М.ДС	Подшипник 6-42308 А.П.М	1	0,35	ШХ15	Морозов	ОГК 1	04.12.2022	
				Общая масса	22,43					

Рис. 4. Созданный отчет

При создании сборочного чертежа изделия в момент простановки позиций деталей автоматически создается связь между позицией и файлом чертежа. Благодаря этому происходит извлечение информации из штампа чертежа детали (рис. 5).

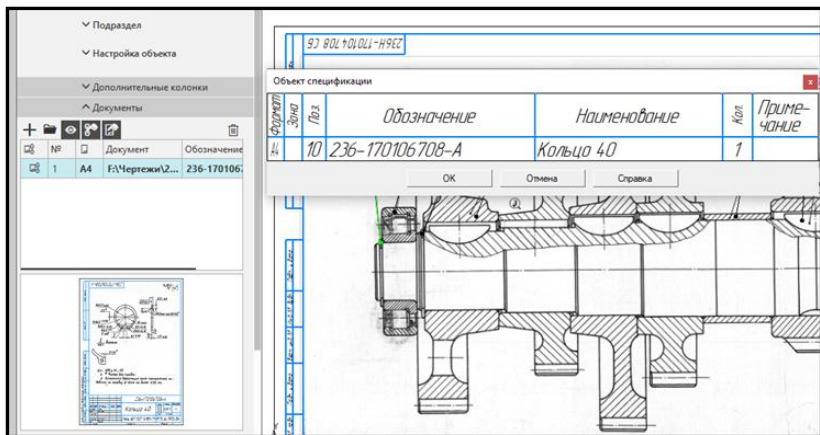


Рис. 5. Добавление ссылки на файл чертежа детали

Для автоматического формирования структуры изделия в ЛОЦМАН: PLM необходимо создать объект «Сборочная единица», а в нем – объект «Спецификация». Далее мы загружаем все файлы чертежей и спецификацию на диск и добавляем файл спецификации в ЛОЦМАН. Далее получаем информацию из файла спецификации, выбирая пункт «Добавить структуру». Благодаря ранее загруженным файлам чертежей получаем дерево структуры изделия с объектами деталей и их чертежами (рис. 6).

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол...	ЭП	Изм.№
—	236Н-1701047 Вал промежуточный КП	Вал промежуточный коробки передач. Спецификация			
—	236Н-170104708 СБ	Вал промежуточный коробки передач. Сборочный чертеж			
1	236-1701048-Б08	Вал промежуточный коробки передач	1		
—	236-1701048-Б08	Вал промежуточный коробки передач. Чертеж детали			
—	Сталь 15ХГН2ТА ГОСТ 4543-71				—
3	236-170105008	Шестерня 2-ой передачи промежуточного вала	1		
—	236-170105008	Шестерня 2-ой передачи промежуточного вала. Чертеж детали			
—	Сталь 15ХГН2ТА ГОСТ 4543-71				—
4	236-170105108	Шестерня 3-ей передачи промежуточного вала	1		
—	236-170105108	Шестерня 3-ей передачи промежуточного вала. Чертеж детали			

Рис. 6. Полученная структура изделия

Если сравнить две описанные методики электронной интеграции информации, можно сделать вывод: ЛОЦМАН: PLM – это мощное решение, которое позволяет не только хранить файлы, просматривать графические данные, привязанные к веткам дерева проекта, но и создавать свои бизнес-процессы на предприятии, а также поддерживать коммуникацию между работниками.

В свою очередь методика с применением MS SQL Server и Report Builder, выполняет хранение цифровой информации и ее актуализацию по запросу проектировщика. В этом случае для дальнейшего развития ИО будет необходим программист, способный создать приложения, расширяющие возможности использования этой СУБД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пахомов, М.В.* Концепция ЕИП с точки зрения инфокоммуникационных технологий. Разработка структуры системы связи ЕИП для предприятий ОПК. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-eip-s-tochki-zreniya-infokommunikatsionnyh-tehnologiy-razrabotka-struktury-sistemy-svyazi-eip-dlya-predpriyatiya-opk>(дата обращения: 07.03.2023).
2. *Дрозд, О.В.* Моделирование структурной организации единого информационного пространства предприятия – разработчика микроэлектронных систем / О.В. Дрозд, С.В. Ченцов, Д.В. Капулин. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-strukturnoy-organizatsii-edinogo-informatsionnogo-prostranstva-predpriyatiya-razrabotchika-mikroelektronnyh-sistem>(дата обращения: 07.03.2023).
3. *Иващенко, А.В.* Формирование единого информационного пространства машиностроительного предприятия на основе проектно-производственной модели / А.В. Иващенко, М.Е. Кременецкая, М.Ю. Лившиц. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-edinogo-informatsionnogo-prostranstva-mashinostroitel'nogo-predpriyatiya-na-osnove-proektno-proizvodstvennoy-modeli> (дата обращения: 07.03.2023).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

К.С. Леон, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены варианты удаленного доступа к машиностроительной информации при помощи технологий дополненной реальности, а также с применением QR-кода и AR-меток.

***Ключевые слова:** машиностроение, доступ к информации, дополненная реальность, AR-метка, QR код, Creo Parametric, Vuforia View, CAD/CAM*

INFORMATION TECHNOLOGIES OF REMOTE ACCESS TO ENGINEERING INFORMATION

K.S. Leon, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Options for remote access to machine-building information using augmented reality technologies, as well as using QR codes and AR tags are considered.

***Keywords:** mechanical engineering, access to information, augmented reality, AR tag, QR code, Creo Parametric, Vuforia View, CAD/CAM*

В реалиях современного машиностроения возникает потребность в оперативном удаленном доступе к информации, например, к чертежам и 3D-моделям изделий. Это повышает эффективность взаимодействия с информацией всех участников проекта [1, 2].

В данной статье рассматриваются три методики удаленного доступа к информации машиностроительного профиля.



Рис. 1. Созданный QR-код



Рис. 2. Считывание QR-кода в очках дополненной реальности

Первая методика основана на применение QR-кодов. Для ее реализации использована страница кафедры КИ ТМС <http://tms.ystu.ru>, на которую загрузили предварительно подготовленную информацию в виде, например, файлов изображений деталей станочных приспособлений. В этом случае имеем традиционные текстовые гиперссылки, которые позволяют получить доступ к этим изображениям. Однако гиперссылки легко преобразовать в QR-коды (рис. 1). Ими можно пользоваться посредством камеры мобильных устройств, но в нашем распоряжении – очки дополненной реальности EPSON MOVERIO BT-300 на платформе Android. При помощи камеры, встроенной в очки, выполнялось сканирование QR-кода, и графику с сервера ЯГТУ можно просмотреть на линзах очков (рис. 2). Данный способ, естественно, реализуется так же смартфоном с камерой при наличии доступа к сети Internet.

Вторая методика удаленного доступа предполагает использование технологий дополненной реальности ThingMark.

Для многошаговой реализации данной технологии необходимо использовать CAD/CAM/CAE-систему, например, CreoParametric. Пользователь создает цифровой прототип детали или сборки обычными методами твердотельного моделирования.

После создания цифрового прототипа добавляются метки привязки: ThingMark или Spatial Target. Для этого необходимо перейти в меню Creo «Инструменты» – «Дополненная реальность». Метку можно разместить либо в основной виртуальной плоскости, либо на одной из поверхностей 3D-модели (рис. 3), что определяет, где будет располагаться цифровой прототип, когда вы наведете на ThingMark устройство про-

смотра. На ThingMark присутствует темная стрелка, которая описывает ориентацию 3D-модели.

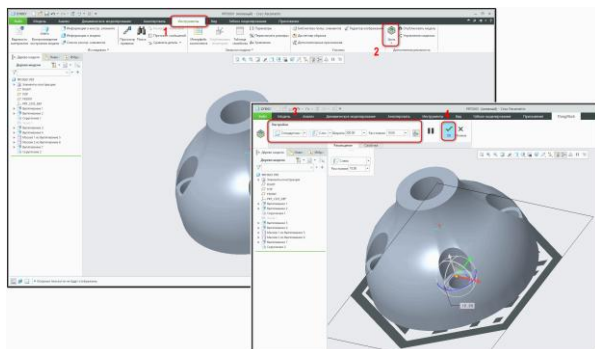


Рис. 3. Вставка ThingMark

В следующем этапе необходимо загрузить созданную модель на сервер компании PTC (рис. 4). После выполнения данного этапа получаем QR-код для доступа к серверу и ThingMark. При использовании данной технологии камерой смартфона сканируем QR-код на поверхности закодированного изделия, переходим в приложение VuforiaView и наводим камеру на ThingMark (рис. 5). В результате на экране появляется 3D-модель ранее созданной детали, доступная для управляемого просмотра.

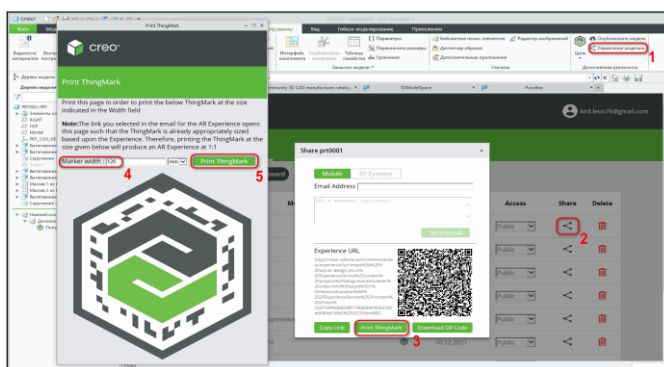


Рис. 4. Загрузка AR-опыта на сервер

В третьей методике создаем полноценный AR-проект, который включает в себя: анимацию относительного движения 3D-моделей,

функциональный интерфейс и графические эффекты выделения конкретных деталей [3].

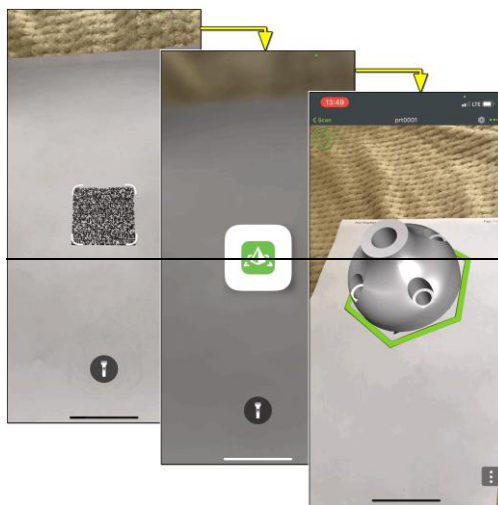


Рис. 5. Использование AR-технологии

Выводы

Таким образом, нами рассмотрены три разных методики доступа к информации машиностроительных производств. Каждая методика имеет свои достоинства и недостатки. Первая методика может быстро реализована на производстве без каких-либо значительных материальных вложений, отлично подходит для просмотра графической информации в виде чертежей и изображений деталей.

Вторая методика для реализации на предприятиях требует больших финансовых затрат на покупку лицензий ПО. Она отлично подходит для просмотра графической информации в виде 3D-моделей. Добавляется удобство визуального восприятия информации. Но при этом возникает вопрос конфиденциальности информации, т. к. информация доступна с сервера компании РТС.

Третья методика вобрала все достоинства предыдущих и имеет возможность просмотра анимированных движений 3D-моделей. Данная методика отлично показывает себя в конструкторско-технологической подготовке производства и, например, в цеховой сборке изделий. При этом информация транслируется с локального сервера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михнев, М.М.* Разработка файловых серверов для системы автоматизации технологической подготовки производства / М.М. Михнев, К.Н. Поляев // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2012 г. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-faylovyh-serverov-dlya-sistem-avtomatizatsii-tehnologicheskoy-podgotovki-proizvodstva/viewer> (Дата обращения 13.03.2023).
2. *Гурьянов, А.В. и др.* Организация электронного документооборота между проектными, производственными и эксплуатирующим предприятиями в условиях цифровой экономической индустрии 4.0 // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. Университет ИТМО, 2018. Т. 18. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-elektronnogo-dokumentooborota-mezhdu-proektnym-proizvodstvennym-i-ekspluatiruyuschimi-predpriyatiyami-v-usloviyah/viewer> (Дата обращения 13.03.2023).
3. *Леон, К.С.* Применение дополненной реальности в сборочных процессах машиностроения / К.С. Леон, О.Н. Калачев // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2022. № 8. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49299522> (Дата обращения 13.03.2023).

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «КРОНШТЕЙН» С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.О. Макаров, М.А. Назенцев, А.В. Оборин

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

Ярославский государственный технический университет

Подобран промышленный 3D принтер по технологии SLM, разработан новый технологический процесс и составлен новый маршрут изготовления детали «Кронштейн» с применением аддитивных технологий для производства заготовки с последующей доработкой с помощью классической механической обработки.

***Ключевые слова:** Аддитивные технологии, 3D печать, промышленный 3D принтер, технология SLM печати, экструдирование, машиностроение, технологический процесс, механическая обработка*

DEVELOPMENT OF «BRACKER» PART MANUFACTURING TECHNOLOGY USING ADDITIVE TECHNOLOGIES

V. O. Makarov, M. A. Nazentsev, A. V. Oborin

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

Yaroslavl State Technical University

An industrial 3D printer using SLM technology has been selected, a new technological process has been developed and a new route for manufacturing the "Bracker" part has been drawn up with the use of additive technologies for the production of the workpiece with subsequent refinement with the help of classical machining.

Key words: *Additive manufacturing, 3D printing, industrial 3D printer, SLM printing technology, extrusion, mechanical engineering, technological process, mechanical treatment*

Применяемый на данный момент метод получения детали «Кронштейн» (рис. 1) имеет главный недостаток – большой расход материала. Помимо этого, деталь имеет сложную конструкцию и сложна в изготовлении.



Рис. 1. Деталь «Кронштейн»

Чтобы сократить расход материала можно использовать в технологическом процессе заготовки, применяемые с помощью литья. Заготовка, полученная литьем, обладает главным недостатком – наличие больших припусков и литейных уклонов. Помимо этого, конструкция нашей детали включает в себя наличие тонких стенок в 1,5 мм, из-за чего может быть риск получения брака в таких местах.

Поэтому мы предлагаем модернизировать технологический процесс с помощью изготовления заготовки при помощи аддитивных технологий на промышленном 3D принтере H3D LACM 100 [2] (рис. 2), работающем по технологии SLM.



Рис. 2. Промышленный 3D принтер H3D LACM 100

В качестве материала для 3D печати будет использоваться алюминиевый сплав AlSi10Mg [4], обладающий аналогичными механическими свойствами, как и алюминиевый сплав Д16 ГОСТ 4784-97, который используется в старом технологическом процессе.

Этот метод упростит процесс изготовления детали, уменьшит расход материала и добавит новую возможность в изготовлении – обеспечение не полного заполнения материалом. Так как на стенки детали нет воздействия внешних сил и осевого биения, то можно применить метод не полного заполнения материалом. Это облегчит массу детали, уменьшит использование материала и снизит себестоимость. Помимо этого, внедрение данного метода повысит точность угловых размеров, снизив отклонения с $\pm 5^\circ$ до $\pm 2^\circ$, а линейных размеров – с 100 мкм до 50 мкм [1].

Но мы не можем в полной мере отказаться от классического метода получения заготовки, поскольку имеются ответственные поверхности, которые нельзя получить, используя только аддитивные технологии. Поэтому в конечный технологический процесс будет включен многофункциональный обрабатывающий центр IBARMIA ZVH [3] (рис. 3) для окончательной доработки детали «Кронштейн» с помощью доработки отдельных поверхностей механической обработкой (табл. 1).



Рис. 3. Многофункциональный обрабатывающий центр IBARMIA ZVH

Доработка заготовки с помощью классической механической обработки будет включать в себя обработку поверхностей, имеющих высокую точность шероховатости, а также нарезание резьб М2-6Н×4+0,5-4,5+0,5 в двух отверстиях, М2-6Н в трех отверстиях, М2,5-6Н в четырех отверстиях и финишную обработку резьбы М18×0,75-6Н.

Таблица 1. Маршрутная карта технологического процесса

№ операции	Оборудование	Наименование операции
005	Промышленный 3D принтер H3D LACM 100	Заготовительная
010	Стол контролера	Контроль ОТК
015		Транспортировка
020	Обрабатывающий центр IBARMIA ZVH	Программная
025	Стол слесаря	Слесарная
030	Машина моечная	Моечная
035	Стол контролера	Контроль ОТК
040		Транспортировка

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Успешный «космический» опыт 3D-печати. URL: <https://3d--m.ru.turbopages.org/3d-m.ru/s/uspeshnyj-kosmicheskij-opyt-3d-pechati/> (дата обращения: 05.03.2023);
2. Промышленный 3D принтер H3D LACM 100. URL: <https://top3dshop.ru/kupit-3d-printer/h3d-lacm-100.html> (дата обращения: 05.03.2023);
3. Многофункциональный обрабатывающий центр IBARMIA ZVH. URL: <https://www.ibarmia.com/en/machining-centres/z-series/zvh-star-edition/> (дата обращения: 05.03.2023);
4. Алюминиевый сплав AlSi10Mg. URL: https://can-touch.ru/3d-printingalsi10mg/?ysclid=lc6mjrz8ah719622710_& (дата обращения: 05.03.2023).

РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ДЕТАЛИ «ЧЕХОЛ» В САД СИСТЕМЕ КОМПАС 3D

А.А. Мохов, Р.В. Ханин, О.Н. Калачев

Научный руководитель – **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Создание форм-пакета для изготовления заготовки методом литья. Разобраться в САД системе Компас 3D. Изучить методику использования твердотельных операций вычитание и разделение на две половины новой детали с внутренней полостью криволинейной формы.

Ключевые слова: САД, Компас 3D литейная форма, матрица и пуансон, 3D-модель

DEVELOPMENT AND DESIGN OF A CASTING MOLD IN CAD SYSTEM COMPASS 3D DETAILS "CASE"

A.A. Mokhov, R.V. Khanin, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor – **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Creation of a form package for the production of a workpiece by casting. Understand the Compass 3D CAD system. To study the methodology of using solid-state operations subtraction and division into two halves of a new part with an internal cavity of a curved shape.

Keywords: CAD, Kompas 3D, casting mold, matrix and punch, 3D model

Литье под давлением широко применяется в машиностроительном производстве. Под действием давления до 800 МПа деталь полностью повторяет форму отливки, благодаря чему можно добиться высокой точности и шероховатости поверхностей. Материал деталей может быть различным: цветные металлы на основе алюминия, цинка и других, но и синтетические материалы, такие как пластик, каучук и силикон. В ходе работы разрабатываются подвижные и неподвижные части литейной формы при помощи САД системы Компас-3D. Данный проект можно исполь-

зывать в качестве примера для разработки литейных форм. Первоначально по снятым размерам, предоставленного заводом образца изделия, строится 3D-модель в системе Компас 3D (рис.1).

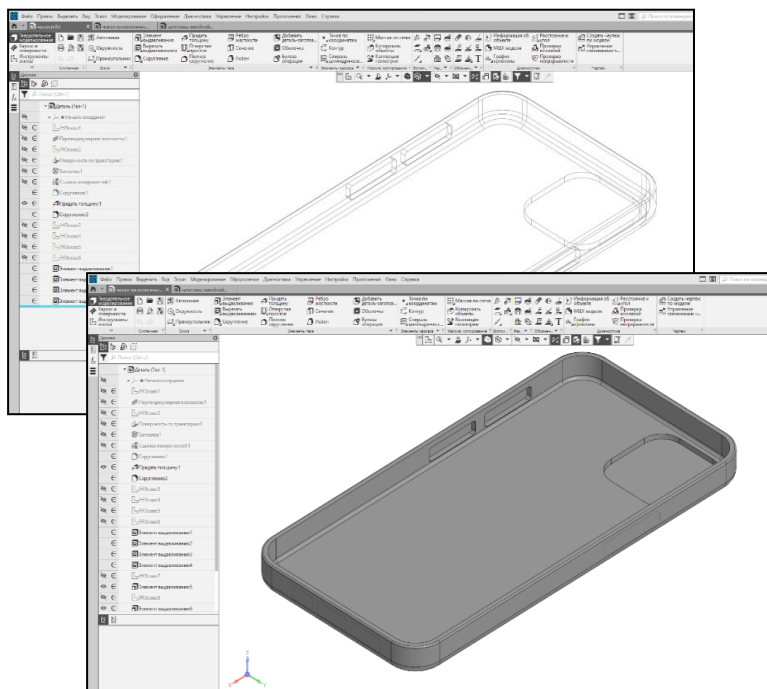


Рис. 1. Созданная 3D-деталь и технологическая модель

После чего создаем технологическую модель путем закрытия сквозных отверстий с помощью инструмента «Заплата» (см. рис.1) для разделения на матрицу и пуансон – основные детали литейной формы. В пространстве сборки вокруг построенной ранее технологической модели создаем параллелепипед, который в дальнейшем будет служить заготовкой литейной формы. Используя команду «Вырезать выдавливанием», вычитаем технологическую модель. Тем самым создаем полое пространство внутри параллелепипеда.

Зададим плоскость разделения на матрицу и пуансон. Перейдем в режим создания эскиза и спроецируем линии контура чехла на поверхность заготовки литейной формы командой «Спроецировать объект» (рис. 2, а). На рисунке 2, б приведен поперечный разрез полости. Для получения пуансона выдавливаем контур до ближайшей поверхности командой «Вырезать выдавливанием» (рис. 2, в). Переворачиваем заготовку литейной формы и аналогично проецируем контур для создания матрицы. Так же, как и для пуансона, выдавливаем контур до ближайшей поверхности.

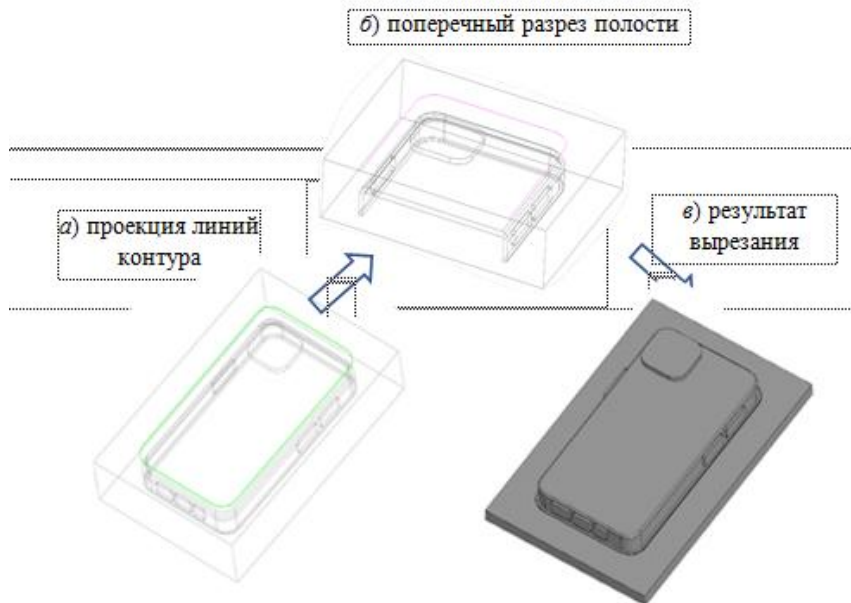


Рис. 2. Процесс создания пуансона

Далее рассмотрим подробно реализацию твердотельной операции «Вырезать выдавливанием»: справа - модель, слева – команды, которые использованы (рис. 3).

Создаем сборку, добавляем заранее сохраненные компоненты – матрица, пуансон и чехол. Размещаем эти компоненты соосно, в результате чего получаем как бы сборку литейной формы. Помимо этого, необходимо добавить направляющие и отверстие для подачи жидкого материала (рис. 4).

Таким образом, в отечественной САД-системе подготовлены формообразующие детали пресс-формы для изготовления детали.

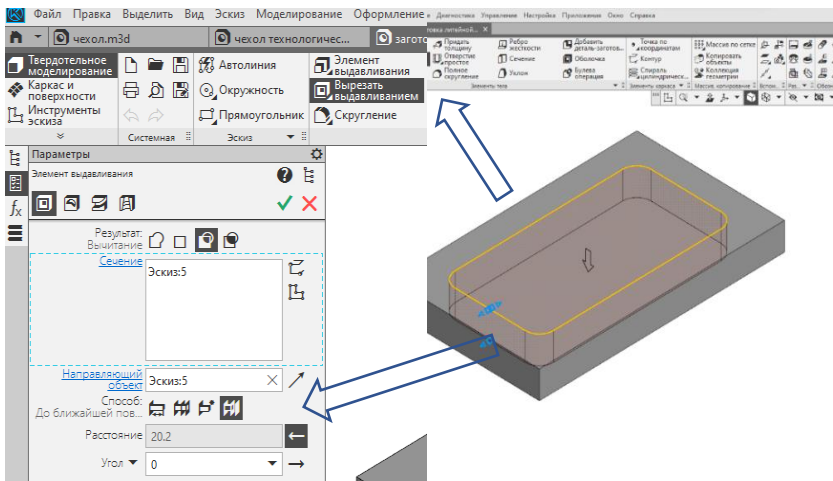


Рис. 3. Твёрдотельная операция “Вырезать выдавливанием”

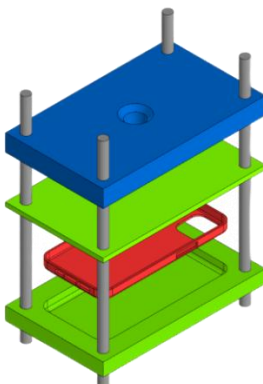


Рис. 4. Имитация пакета пресс-формы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большаков, В.П.* Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D: Практикум. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 496 с.
2. *Фетисова, Т.С.* Издательство Тольяттинского государственного университета, URL: <https://dSPACE.tltsu.ru/bitstream/123456789/378/1/Фетисова%201-30-12.pdf>
3. *Исагулов, А.З.* Проектирование литейной оснастки: Уч. пособие / А.З. Исагулов, С.Б. Кузембаев, С.Г. Канунникова. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2003. 183с. URL: <https://reallib.org/reader?file=567690>

**К ВОПРОСУ О НЕСТАБИЛЬНОСТИ
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ОБРАБАТЫВАЕМОГО И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО
МАТЕРИАЛОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ
НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ**

М.И. Савченков, В.Ф. Безьязычный

Научный руководитель – **В.Ф. Безьязычный**, д-р техн. наук,
профессор

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева

Представлены сведения о нестабильности физических и механических свойств обрабатываемых и инструментальных материалов вследствие колебаний состава химических элементов, условий выполнения термической обработки, а также их изменения вследствие режимных условий проведения механической обработки

***Ключевые слова:** Обработка резанием, химический состав обрабатываемых материалов и режущих инструментов, термическая обработка, качество поверхностного слоя материала детали.*

**TO THE QUESTION OF THE INSTABILITY
OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES
OF THE PROCESSED AND TOOL MATERIALS AFFECTING
THE TECHNOLOGICAL SUPPORT OF THE PERFORMANCE
PROPERTIES OF THE PARTS**

M.I. Savchenkov, V.F. Bezyazychny

Scientific Supervisor – **V.F. Bezyazychny**, Doctor of Technical
Sciences, Professor

Rybinsk State Aviation Technical University named after P.A. Solovyov

Information is presented on the instability of the physical and mechanical properties of processed and tool materials due to fluctuations in the composition of chemi-

cal elements, the conditions for performing heat treatment, as well as their changes due to regime conditions for mechanical processing.

Keywords: *machining, the chemical composition of the processed materials and cutting tools, heat treatment, the quality of the surface layer of the material of the part.*

В настоящее время уже разработаны теоретические и теоретико-экспериментальные зависимости для расчетного определения показателей ряда эксплуатационных свойств изделий, в том числе и после механической обработки, которые учитывают влияние на показатели эксплуатационных свойств деталей, технологические условия обработки (режим резания, геометрические параметры режущей части инструмента и другие), а также свойства обрабатываемого и инструментального материалов, которые в расчетах принимаются как постоянные, то есть стабильные величины [1]. К сожалению, очень часто стабильность свойств обрабатываемого и инструментального материалов нарушается, причем наиболее характерной ситуацией является отсутствие информации о стабильности этих свойств.

У заготовок, получаемых методом литья и обработки давлением наблюдается колебание физико-механических свойств материала. Причиной этого является условия выплавки материала, термической обработки, а также колебания содержания химических элементов. Так, в некоторых случаях изменение предела прочности стали может достигать от 20 до 30% от максимального значения. По этой же причине наблюдается и нестабильность свойств инструментального материала, которая может быть существенной. Поскольку в расчетные зависимости для определения эксплуатационных свойств детали включены численные значения показателей физико-механических свойств обрабатываемых и инструментальных материалов, то нестабильность их значений приводит к ошибкам прогнозируемых значений показателей эксплуатационных свойств или указанию предела их рассеивания.

Неизвестно в каких пределах могут изменяться по причине нестабильности физико-механических свойств обрабатываемого и инструментального материалов прогнозируемые значения параметров шероховатости, степени и глубины наклепа, а также остаточных напряжений в поверхностном слое материала детали. Известно, что последние в значительной степени определяют прогнозируемые конструктором и технологом эксплуатационные свойства детали.

В марочнике сталей [2] дана классификация физико-механических свойств марок различных сталей, сплавов и т.д. При анализе конкретной марки, например, легированной стали 30ХГТ наблюдается большой разброс значений химических составляющих (табл. 1).

**Таблица 1. Массовая доля элементов легированной стали 30ХГТ, %
по ГОСТ 4543-71**

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	N	Cu	Ti	Fe
0,24-0,32	0,17-0,37	0,80-1,10	≤0,035	≤0,035	1,00-1,30	≤0,30	≤0,008	≤0,30	0,03-0,09	≈96,6

Разброс значений химических составляющих достигает 66,7 %, что напрямую влияет на важные физико-механические характеристики заготовки, такие как предел прочности на растяжение, сопротивление обрабатываемого материала пластическому сдвигу и на ряд других характеристик.

Также на изменение механических свойств обрабатываемых материалов влияет вид термической обработки и колебание механических характеристик после нее. В справочнике марок и сталей [3] приведены механические свойства стали 30ХГТ при различных режимах термической обработки. После закалки и отпуска легированной стали допустимое значение твердости может колебаться от 262 до 311 единиц по Бринеллю (табл. 2).

Таблица 2. Механические свойства стали 30ХГТ после термической обработки

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твердость, не более
			не менее					
8479-70	Поковка. Закалка + отпуск	До 100	685	835	13	42	59	HB 262-311

где, $\sigma_{0,2}$ – предел текучести условный, МПа; σ_B – предел прочности при растяжении, МПа; δ_5 – относительное удлинение после разрыва, %; ψ – относительное сужение, %; КСУ – ударная вязкость, Дж/см²; HB – твердость по Бринеллю.

На параметры качества материала поверхностного слоя и точности обработки существенное влияние оказывает теплофизические и прочностные свойства обрабатываемого и инструментального материалов, такие

как предел прочности обрабатываемого материала на разрыв и предел прочности инструментального материала на изгиб; коэффициент теплопроводности обрабатываемого и инструментального материалов; удельная объемная теплоемкость и температуропроводность обрабатываемого материала и др. Названные выше показатели свойств материалов не являются строго константами, так как они зависят от вида термической обработки материала или её отсутствия, а также от температуры, которая в процессе обработки возникает в зоне резания (табл. 3).

Таблица 3. Значения коэффициента теплопроводности $\lambda_{и}$ (Вт/м · К) быстрорежущих сталей в отпущенном состоянии от температуры

Температура, θ , °С	Марка стали				
	11P3AM3Ф2	P6M5	P6M5Ф3	P9K5	P18
100	26	21	18	20,2	19,5
200	26,5	23	19,5	23,9	20,7
300	27,3	25	21	25	22,4
400	28	27	23	25,9	23,3
500	28,5	28,5	24,5	26,7	24,2
600	29,3	30,5	26	27,8	25,5

На основании данных, представленных в табл. 3, получены зависимости $\lambda_{и}$ от температуры (таблица 4), которые указывают на зависимость $\lambda_{и}$ от химического состава стали.

Таблица 4. Зависимость значения $\lambda_{и}$ от температуры θ в зоне резания

Марка стали	Расчетная зависимость
11P3AM3Ф2	$18,891 \cdot \theta^{0,0662}$
P6M5	$7,269 \cdot \theta^{0,2209}$
P6M5Ф3	$6,565 \cdot \theta^{0,2103}$
P9K5	$9,840 \cdot \theta^{0,1623}$
P18	$9,283 \cdot \theta^{0,1554}$

Изложенное выше указывает на необходимость при расчетном определении параметров точности обработки и качества поверхностного слоя обработанных поверхностей принимать значения механических и теплофизических свойств обрабатываемого и инструментального материалов при температуре в зоне резания, а также с учетом степени их фактических значений механических свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Безъязычный, В.Ф.* Метод подобия в технологии машиностроения: монография; 2-е изд., испр. и доп. Москва; Вологда: Инфра -Инженерия, 2021. 336 с.
2. *Зубченко, А.С. и др.* Марочник сталей и сплавов. 2-е изд. М.: Машиностроение, 2009. 784 с.
3. *Сорокин, В.Г.* Стали и сплавы. Марочник: Справ. изд. / ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев. М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. 608с.

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭСКИЗА ОСЕВОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ЯЗЫКЕ AUTOLISP В СРЕДЕ NANOCAD

А.Ю. Тихова, О.Н. Калачев

Научный руководитель - **О.Н. Калачев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Изучается возможность автоматизированного построения чертежей режущих инструментов посредством программирования скриптов на языке AutoLISP. Показан процесс внедрения программы в среду nanoCAD и необходимая последовательность этапов ее создания.

Ключевые слова: скрипт, автоматизация, эскиз, AutoLISP, nanoCAD

CREATING A PROGRAM FOR SKETCHING AN AXIAL CUTTING TOOL IN THE AUTOLISP LANGUAGE IN THE NANOCAD ENVIRONMENT

A.Yu. Tikhova, O.N. Kalachev

Scientific Supervisor: **O.N. Kalachev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The possibility of automated construction of drawings of cutting tools by programming scripts in the AutoLISP language is being studied. The process of implementing the program into the nanoCAD environment and the necessary sequence of stages of its creation are shown.

Keywords: script, automation, sketch, AutoLISP, nanoCAD

Платформа nanoCAD - это российская платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Поддержка форматов .dwg и IFC делает ее отличным решением для перевода программного обеспечения, разработанного ранее для среды AutoCAD. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей, к примеру, таких как скрипты на языке LISP.

Целью данного проекта является создание прикладной САПР для проектирования чертежа осевого режущего инструмента в среде nanoCAD. В качестве исходной информации выбираем геометрическую модель, на основе которой необходимо разработать параметрический чертеж (рис. 1).

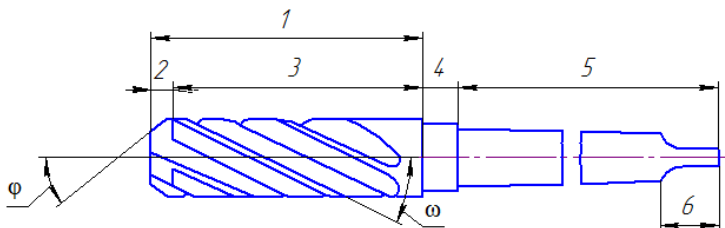


Рис. 1. Вид спереди

Чтобы получить исходный эскиз вида спереди запрограммируем на языке LISP геометрию чертежа режущей части, меняющуюся в зависимости от трех параметров: диаметр, длина фаски и ширина ленточки.

Программа использует координаты узловых точек линий режущих кромок, которые рассчитываются с помощью функции «polar».

Для удобства пользования программой параметры будут задаваться через диалоговое окно, созданное на языке DCL в формате .dcl. В ходе диалога с системой запрашиваются конструктивные параметры, а также точка привязки. В зависимости от ответов пользователя, по программе отрисовывается главный вид спереди.

В окончательный вариант программы добавляем служебные строки, которые помогают настроить рабочее пространство модели. Используем функции «_line», которые будут соединять точки между собой, создавая таким образом эскиз. Необходимо также создать осевую линию с помощью функций «_linetype» и «list».

Для начала отладим программу в среде AutoCAD, т.к. ее функции нам известны намного лучше, чем в аналогичной nanoCAD. На примере данного переноса рассмотрим, какие проблемы могут возникнуть и пути их разрешения.

Для того, чтобы программа работала в среде AutoCAD ее необходимо предварительно поместить во внутренние системные файлы (рис. 2). В среде nanoCAD этого не требуется, распознаение скрипта будет производиться при его запуске.

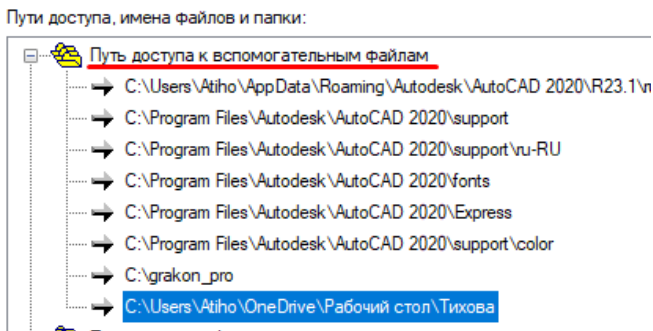


Рис. 2. Добавление папки с программами к вспомогательным файлам в AutoCAD

В процессе работы над программой ожидалось, что некоторые типы линий в папoCAD не поддерживаются. Типа «ACAD_ISO04W100» для осевой линии не существует, его аналогом является «ГОСТ 2.303 6». Чтобы осевая линия в папoCAD отображалась корректно, необходимо поменять название типа в коде: (command "_linetype" "_s" "ГОСТ 2.303 6""). Результат показан на рисунках 3, 4.

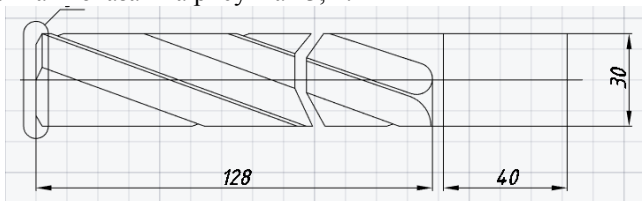


Рис. 3. Осевая линия типа «ACAD_ISO04W100»

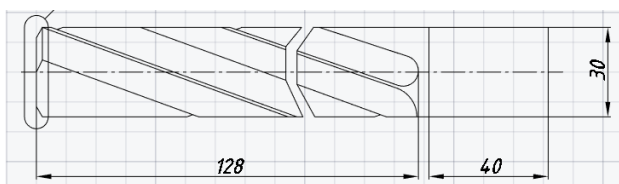


Рис. 4. Осевая линия типа «ГОСТ 2.303 6»

Обязательным условием для обеих программ является предварительная настройка размерных стилей, т.к. от этого значительно меняется восприятие чертежа. Особенно это заметно в nanoCAD, т.к. там по умолчанию стоит масштаб размерных линий, равный 100. Для обеспечения корректного эскизирования он был изменен на 1.

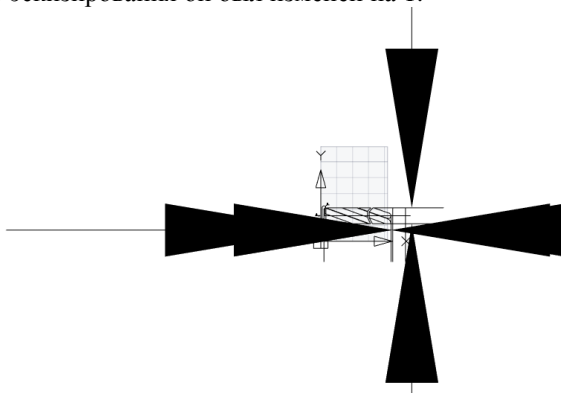


Рис. 5. Отсутствие предварительной настройки по умолчанию размерных стилей

После всех отладочных работ, произведенных для корректного перехода из среды AutoCAD в nanoCAD, получается рабочий скрипт, способный автоматически отрисовать вид спереди зенкера по трем параметрам, вводимым через диалоговое окно (рис. 6).

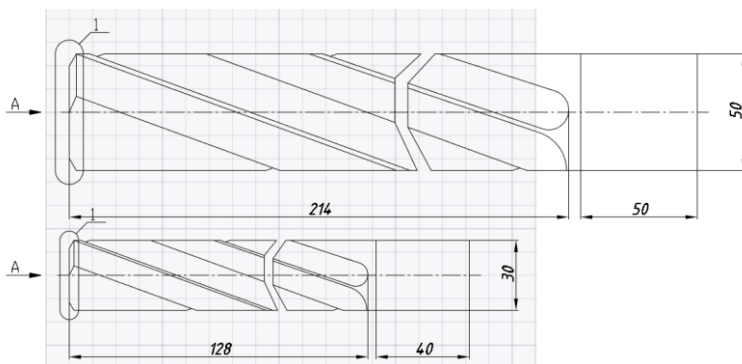


Рис. 6. Результат работы программы

Таким образом, была разработана программа для проектирования вида осевого режущего инструмента в среде nanoCAD и отработаны ошибки при переносе из среды AutoCAD. Практическая значимость заключается в том, что данный скрипт можно использовать как в процессе обучения для демонстрации возможностей nanoCAD, так и для создания подобных приложений для использования при конструкторско-технологической подготовке производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Митрофанов, В.Г. и др.* САПР в технологии машиностроения: Учебное пособие (гриф УМО). Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 1995. 298 с.
2. *Полещук, Н.Н.* Visual LISP и секреты адаптации AutoCAD. СПб.: БХВ-Петербург, 2001. 576.
3. Сайт «Нанософт разработка», «Платформа nanoCAD». URL: <https://www.nanocad.ru/> (Дата обращения: 02.03.2023)
4. Сайт кафедры «Компьютерно-интегрированная технология машиностроения», «Компьютерная графика в САПР». URL: <https://tms.ystu.ru/up2021-glava5.pdf> (Дата обращения: 25.02.2023).

СКРЕБКОВЫЙ КЛАПАН ДЛЯ ЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДОВ

Т.Н. Новиков, А.Е. Лебедев, А.Б Капанова

Научные руководители - **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор,
А.Б. Капанова, д-р физ.-мат. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Наиболее эффективным способом транспортировки нефти и газа в настоящее время является трубопроводный транспорт. Несмотря на применение современных материалов и технологий строительства трубопроводов проблема загрязнения труб остается всё ещё актуальной. Одним из путей ее решения является применение скребковых клапанов.

Ключевые слова: *арматуростроение, клапан, скребковый клапан, транспорт нефти*

SCRAPER VALVE FOR PIPE CLEANING

T.N. Novikov, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova

Scientific Supervisors - **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Professor, **A.B. Kapranova**, Doctor of Physico-Mathematical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The most efficient way to transport oil and gas nowadays is pipeline transport. Despite the use of modern materials and technologies of pipeline construction the problem of pipe contamination is still relevant. One of the ways to solve it is the use of pig valves

Keywords: *valves, valve, scraper valve, oil transportation*

Анализ конструкций опыта эксплуатации скребковых клапанов показал, что в настоящее время разработано достаточно большое количество клапанов данного типа.

Рассмотрим скребковый клапан фирмы ITAG [1] обеспечивающий чистку трубопроводов при помощи скребков, которые представлены на рис 1.

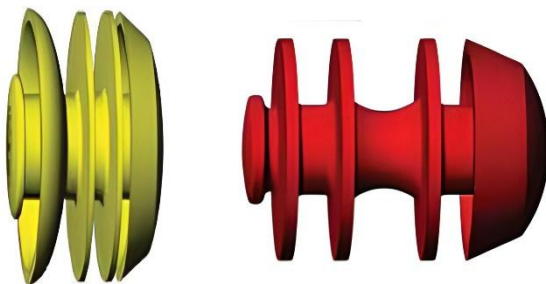


Рис. 1. Два вида скребков для клапана

Рассматриваемый клапан состоит корпуса, расположенного внутри корпуса шарового затвора, уплотнения, устройства приема скребков и байпасного патрубка. Принцип действия заключается в том, что во время запуска или приемки скребка, шар поворачивается на 90° в закрытое положение, так что проходное отверстие ловушки располагается соосно проходному отверстию клапана. Внутреннее давление и остатки жидкости в шаре и проходном отверстии ловушки выпускается через дренажный клапан. Недостатком такого клапана является невозможность осуществления регулирования расхода жидкости в трубопроводе. Строение внутренних полостей клапана представлено на рис. 2.

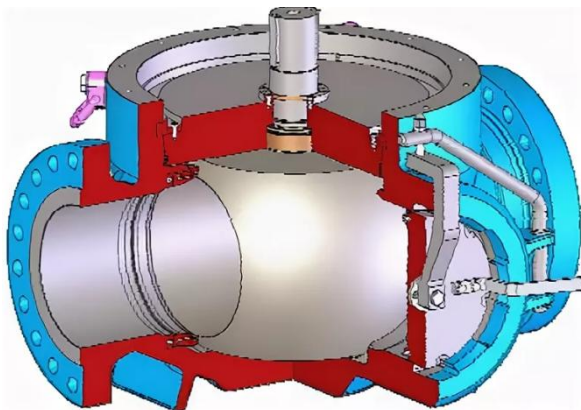


Рис. 2. Скребковый клапан фирмы ITAG

Данный клапан целесообразно размещать на новых трубопроводах. Однако для размещения на существующем трубопроводе

необходимо осуществить замену существующей арматуры, провести модернизацию мест установки, что является дорогостоящими операциями.

Разработанная нами конструкция скребкового клапана [2] имеет схожую конструкцию с «вентильями», устанавливаемыми практически на всех существующих трубопроводах. Это позволяет выполнить его установку без существенных изменений трубопровода.

Клапан имеет на верхней поверхности корпуса, между входным патрубком и крышкой приемник скребков, выполненный в виде полого цилиндра, закрытого с одной стороны крышкой, сообщающийся с внутренней полостью корпуса через канал кругового сечения, имеющий три расположенные в одной плоскости участка, причем верхний участок расположен вертикально, нижний горизонтально, соединяющий их криволинейный участок имеет форму дуги окружности, а на конце нижнего участка размещены устройства фиксации скребков. Чертеж данного скребкового клапана приведен ниже на рис. 3.

На виде А изображена схема скребкового клапана, На виде Б показано полностью закрытое положение (2:1), на виде В показано полностью открытое положение (2:1).

Скребковый клапан содержит корпус 1, со входным 2 и выходным 3 патрубками, крышку 4 с уплотнением крышки 5, плунжер 6, имеющий на нижнем конце цилиндрический выступ, седло 7 с уплотнением седла 8. Уплотнение плунжера 6 выполненное в виде шевронного пакета 9 с регулируемыми прокладками 10, фиксируемое поджимной гайкой 11 в которой размещен грязесъемник 12.

К боковой поверхности цилиндрического выступа, размещенного на нижнем конце плунжера 6, присоединена полая цилиндрическая насадка 13, имеющая на своей поверхности сквозные отверстия 14. Высота цилиндрической насадки 13 больше толщины цилиндрического выступа. В седле 7 выполнена кольцевая впадина 15, диаметр и толщина которой равны толщине и диаметру полой цилиндрической насадки 13.

На верхней поверхности корпуса 1, между входным патрубком 2 и крышкой 4, размещен приемник скребков 16, выполненный в виде полого цилиндра, закрытого с одной стороны крышкой 17, сообщающийся с внутренней полостью корпуса 1 через канал 18 кругового сечения.

Канал 18 имеет три участка, расположенные в одной плоскости, причем верхний участок расположен вертикально, нижний горизонтально, а соединяющий их криволинейный участок имеет форму дуги окружности. На конце нижнего участка размещены устройства фиксации 19 скребков 20. Для чистки трубопровода используются скребки 20.

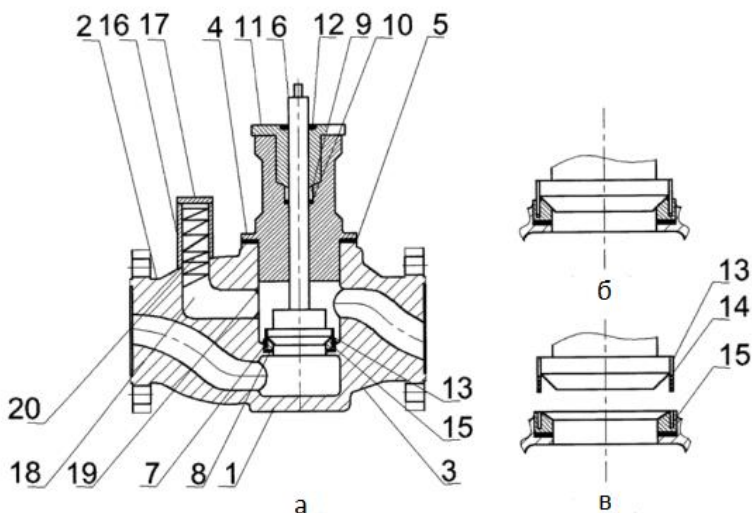


Рис. 3. Схема скребкового клапана

Кроме того, предлагаемый скребковый клапан может работать в двух режимах - режиме регулирования расхода и режиме чистки трубопровода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клапан. URL: https://lavensaari.ru/category_363.html Дата обращения 05.03.2023
2. Патент RU 2 768 444 С1. Скребковый клапан / Лебедев А.Е., Лебедев Д.В., Шилов В.А., 2022.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ БЛОК-СХЕМЫ РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОСЕВОГО КЛАПАНА

Н.Д. Новиков, Е.А. Ефимов, А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев

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

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены основные принципы формирования блок-схемы расчета рациональных диапазонов изменения конструктивных параметров регулирующего клапана. Элементы данной блок-схемы опираются на теоретические результаты, полученные при стохастическом моделировании пузырьковой кавитации на ее ранних стадиях в проточной области регулирующего устройства.

***Ключевые слова:** осевой клапан, пузырьковая кавитация, конструктивные параметры, модель*

BASIC PRINCIPLES OF FORMING A BLOC-DIAGRAM OF CALCULATION OF STRUCTURAL PARAMETERS OF A REGULATORY AXIAL VALVE

N.D. Novikov, E.A. Efimov, A.B. Kapranova, A.E. Lebedev

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

Yaroslavl State Technical University

The basic principles of the formation of a block diagram for calculating the rational ranges of changes in the design parameters of the control valve are considered. The elements of this block diagram are based on the theoretical results obtained by stochastic modeling of bubble cavitation at its early stages in the flow region of the control device.

***Keywords:** axial valve, bubble cavitation, design parameters, model*

Постоянное повышение регламентных запросов к основным показателям работы трубопроводной арматуры, например, расходной характеристике и пропускной способности клапанов, особенно в условиях строго импортозамещения обеспечивает актуальность совершенствования указанного оборудования.

Выполненные исследования осесимметричного дросселирования потоков рабочей жидкости привели к результатам, позволяющим теоретически подтвердить [1, 2] и опытным путем обосновать [3] эффективность применения запорных элементов наружного типа [4] в борьбе с пузырьковой кавитацией на ее ранних этапах эволюции. Соосная позиция цилиндрического узла *подвижный затвор-сепаратор* соответственно в форме двух обечаек – глухой и перфорированной – обеспечивает сочетание прямолинейного движения основного потока жидкости и минимального сопротивления в открытом положении клапана. К основным параметрам конструкции регулирующего осевого клапана можно отнести более 10 единиц. Проектирование регулирующей арматуры нацелено на достижение заданного регламента их режима работы. В зависимости от физико-химических свойств рабочей жидкости и регламентных требований к указанным показателям работы регулирующего осевого клапана ставится задача выбора диапазона изменения набора конструктивных параметров. При этом необходимо учитывать условия минимизации интенсивности развития пузырьчатой кавитации. Это явление относится к неизбежным для регулирующих устройств вследствие совпадения условий обеспечения режима регулирования характеристик течения жидкости и возникновения кавитационных пузырей с опасными последствиями (эрозией и шумом).

В отличие от традиционного способа выбора типа регулирующего клапана с применением критериев подобия (в том числе основного гидродинамического в форме числа Рейнольдса; числа Эйлера как половинного критического значения числа кавитации и т.п.) при формировании блок-схемы предполагается использование теоретических результатов [5]. К таким результатам относятся выражения: для минимальных радиусов гидродинамических пузырей, гидравлического сопротивления при работе цилиндрического узла *подвижный затвор-сепаратор*, энергетических параметров пузырьчатой кавитации и т.п. Включение в указанную блок-схему 25 блоков предполагает следующие основные этапы. Обязательным является ввод входных данных в виде множества начальных приближений для ряда конструктивных и режимных (максимальный расход, температуры среды, минимальный перепад давлений, скорость жидкости в трубе, давление насыщенного пара, минимальный радиус пузыря, максимальное давление в центре пузыря и т.п.) параметров. Затем следует поиск пределов изменения для ряда показателей: минимального пере-

пада давления, максимальной проходной способности и др. с определением критического значения числа Рейнольдса для бескавитационного режима работы клапана. Для этой цели применяется условие экстремума для энергетического параметра по фазовой переменной, соответствующей номеру ряда дроссельного отверстия сепаратора. Дальнейший расчет касается оценки пределов изменения диаметра условного прохода, поправочных коэффициентов на вязкость рабочей среды. Поиск критического значения коэффициента гидравлического сопротивления связан с проверкой условия достижения минимального значения для среднего по ансамблю диаметра кавитационного пузыря и графической оценке коэффициента кавитации.

Итак, выполненный расчет среднего по ансамблю радиуса кавитационного пузыря при значениях конструктивных параметров из их полученных рациональных диапазонов изменения показал уменьшение размеров данных пузырьков почти в 2 раза в сравнении с показателями, полученными при расчете с нерациональными значениями данных характеристик. При этом отмечается рост пропускной способности регулирующего осевого клапана более, чем в 10 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kapranova, A.B.* The Applying of the Formalism of Cyber-Physical Systems in the Description of Hydrodynamic Cavitation in a Direct-Flow Valve / A. B. Kapranova, A. E. Lebedev, A. M. Melzer, S. V. Neklyudov, A. S. Brykalov // In monograph: Cyber-Physical Systems: Modelling and Intelligent Control. Studies in Systems, Decision and Control / eds. A. Kravets, A. Bolshakov, M. Shcherbakov. V. 338. Springer, Cham, 2021. P. 295-308. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-66077-2_24.
2. *Kapranova, A.B.* Calculation of hydraulic resistance in the separator of the direct-flow control valve with a rotary lock / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, A.M. Melzer // E3s Web of Conference. 2020. V. 220, 01073. Published online 16 December 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202022001073
3. *Kapranova, A.B.* Экспериментальное исследование распределения по размерам кавитационных пузырей в проточной части регулирующего клапана с поворотным затвором / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев и др. // Хим. и нефтегаз. машиностроение. 2022. 58 (8). С. 7-11.
4. ПМ 175446 РФ. Прямоточный регулирующий клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер и др. Опубл. 05.12.2017, Бюл. № 34.
5. *Kapranova, A.B.* Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, S.V. Neklyudov, A.M. Melzer // Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems. March 2020, Vol. 8, article 32 (pp. 1-17). DOI: 10.3389/fenrg.2020.00032
6. *Kapranova, A.B.* 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>.

КОНСТРУКЦИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА С СИСТЕМОЙ СЕПАРАТОР-ПРУЖИНА СЖАТИЯ

С.В. Базунов, В.А. Есипов, Д.А. Тихомиров, А.Б. Капранова

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

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены особенности конструкции регулирующего клапана с системой сепаратор-пружина сжатия. Данная система предназначена для обеспечения антикавитационного режима работы устройства, при котором снижается число образующихся пузырьков уже на ранних стадиях кавитационного эффекта.

***Ключевые слова:** конструкция, регулирующий клапан, пузырьковая кавитация, сепаратор, пружина сжатия*

CONTROL VALVE DESIGN WITH SYSTEM OF THE SEPARATOR-COMPRESSION SPRING

S.V. Bazunov, V.A. Esipov, D.A. Tikhomirov, A.B. Kapranova

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

Yaroslavl State Technical University

The design features of a control valve with a separator-compression spring system are considered. This system is designed to provide an anti-cavitation mode of operation of the device, which reduces the number of bubbles formed already in the early stages of the cavitation effect.

***Keywords:** construction, control valve, bubble cavitation, separator, compression spring*

Роль антикавитационных приспособлений для трубопроводной арматуры актуальна вследствие необходимости защиты от аварий и протечек, вызванных эрозийными и шумовыми последствиями негативного явления кавитации [1, 2]. Многообразие делителей потоков жидкости в регулирующей арматуре [3] определяется выбором способа организации

дросселирования, в частности, при использовании одной/нескольких ступени/ступеней перфорированных цилиндров или серии лабиринтных проходов. Например, сепарация жидкости задается клеточным способом или ручьями в каналах различных форм. Назначение и характер включения регулирующего устройства в систему трубопровода, а также тип рабочей жидкости, определяют применение того или иного способа организации дросселирования, режимные параметры устройства, размеры входного патрубка и корпуса клапана. При этом подбор диапазонов изменения конструктивных параметров клапана осуществляется на базе соответствующих теоретико-экспериментальных исследований [4, 5].

Рассмотрим способ дросселирования жидкости в клапане прямого типа с помощью системы *сепаратор-пружина сжатия* [6]. Конструктивное оформление внешнего/внутреннего корпуса, набор входного/выходного патрубков и фланцев для данного регулирующего клапана относится к традиционным для устройств прямого вида. Предполагается использование привода поступательного движения типа рейки. Особенность – наличие на цилиндрическом сепараторе с продольными вырезами пружины сжатия цилиндрического способа навивки и прямоугольного сечения с упорами треугольной формы в областях выходного патрубка и плунжера, имеющих также треугольные впадины. Итак, предлагаемая система обеспечивает двойной эффект дросселирования – между витками пружины и через отверстия в цилиндрическом сепараторе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арзуманов, Э.С.* Гидравлические регулирующие органы систем автоматизированного управления. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.
2. *Лебедев, А.Е.* 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>
3. *Капранова, А.Б.* 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. 2016. № 4 (ч. 1). С. 52-60. URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40125>.
4. *Капранова, А.В.* Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / А.В. Капранова, А.Е. Лебедев, С.В. Neklyudov, А.М. Melzer // Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems. March 2020. Vol. 8, article 32 (pp. 1-17). DOI: 10.3389/fenrg.2020.00032
5. *Капранова, А.Б.* Экспериментальное исследование распределения по размерам кавитационных пузырей в проточной части регулирующего клапана с поворотным затвором / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов, А.М. Мельцер, Д.А. Макаренков // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2022. 58 (8). С. 7–11.
6. Пат. 2779081 Российская Федерация Регулирующий клапан / А.Е. Лебедев и др. Опубл. 31.08.2022. Бюл. № 25.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОСЕВОГО КЛАПАНА СО СПИРАЛЬНЫМ ДЕЛИТЕЛЕМ ПОТОКА

**Д.В. Шпилькин², И.И. Верлока², А.В. Грызунов²,
А.Б. Капанова¹**

Научный руководитель – **А.Б. Капанова**, д-р физ.-мат. наук,
профессор

¹Ярославский государственный технический университет
²ПАО «Славнефть-ЯНОС»

Рассматриваются конструктивные особенности осевого клапана со спиральным делителем потока. Рассматривается применение радиальных пластин, снижающих интенсивность пузырьковой кавитации посредством снижения энергии потока.

***Ключевые слова:** клапан, радиальная пластина, спираль, конструкция, кавитация, жидкость*

DESIGN FEATURES OF THE AXIAL VALVE WITH A SPIRAL FLOW DIVIDER

D.V. Shpilkin², I.I. Verloka², A.V. Gryzunov², A.B. Kapranova¹

Scientific Supervisor – **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics Sciences, Professor

¹Yaroslavl State Technical University
²PJSC «Slavneft-YANOS»

The design features of an axial valve with a spiral flow divider are considered. Consideration is given to the use of radial plates that reduce the intensity of bubble cavitation by reducing the flow energy.

***Keywords:** valve, radial plate, spiral, construction, cavitation, liquid*

Регулирующая арматура широко применяется в различных отраслях промышленности, но в особенности в химической и нефтехимической [1]. Цель использования регулирующей арматуры – изменение характеристик (давления, расхода) транспортируемой среды посредством

изменения пропускной способности клапана [2, 3]. Сочетание теоретических [4] и экспериментальных [5] исследований процесса дросселирования потоков жидкости обеспечивает применение системного подхода при проектировании регулирующей арматуры.

Рассмотрим пример борьбы с кавитационным эффектом в проточной части клапана со спиральным делителем потока [6] (рис. 1). При открытии данного устройства на начальных стадиях, когда проходное сечение имеет минимальные размеры, наблюдается возникновение кавитации вследствие достижения критических значений скорости течения жидкости в расширительной втулке 9, что и приводит к локальному падению давления. Опасность работы трубопроводной арматуры в указанном критическом режиме при развитой стадии кавитации вследствие понижения давления приводит к уменьшению срока службы арматуры или аварии [1].

Представленная на рисунке 1 конструкция осевого клапана обеспечивает снижение интенсивности пузырьковой кавитации посредством применения радиальных пластин 12 расположенных со стороны выходного фланца 4 перпендикулярно поверхности запирающего органа 6. Высота радиальных пластин уменьшается от центра запирающего органа 6 к периферии. При движении потока, жидкость как бы «разбивается» пластинами на отдельные струи, что приводит к плавному локальному снижению давления [6].

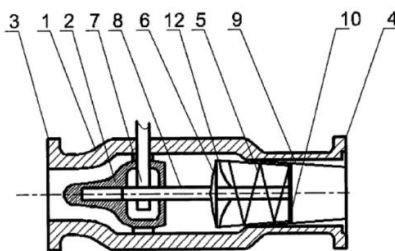


Рис. 1. Осевой клапан [6]:

- 1 – внешний корпус, 2 – внутренний корпус, 3 – входной фланец,
- 4 – выходной фланец, 5 – делитель потока, 6 – запирающий орган, 7 – реечный привод, 8 – шток, 9 – расширительная втулка, 10 – направляющий диск,
- 12 – радиальные пластины

Данная конструкция осевого клапана со спиральным делителем потока позволяет в значительной степени снизить число кавитационных пузырей вследствие эффективного рассеивания энергии потока и плавного локального снижения давления на выходе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капранова, А.Б. и др. О методах моделирования основных стадий развития гидродинамической кавитации // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 3-2. - С. 268-273.
2. *Shpilkin D.V. et.al.* Distinctive features of the structural valve with a separator in the form of a cylindrical compression spring // *ISSUES OF DEVELOPMENT OF MODERN SCIENCE AND TECHNOLOGY* Collection of articles XX International Scientific and Practical Conference (Melbourne, Australia 16.02.2023 г.). Melbourne: ICSRD «Scientific View». 2023. P. 70-76.
3. *Shlykov K.S. et.al.* Distinctive features of the structural valve with a separator in the form of a cylindrical compression spring // *ISSUES OF DEVELOPMENT OF MODERN SCIENCE AND TECHNOLOGY* Collection of articles XX International Scientific and Practical Conference (Melbourne, Australia 16.02.2023 г.). Melbourne: ICSRD «Scientific View»Ю 2023. P. 62-69.
4. Капранова, А.Б. Моделирование кавитации при дросселировании потока жидкости в регулирующем клапане с поворотным затвором / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов, А.М. Мельцер // *Химическое и нефтегазовое машиностроение*, 2022, 57 (6), с. 19–22.
5. Капранова, А.Б. Экспериментальное исследование распределения по размерам кавитационных пузырей в проточной части регулирующего клапана с поворотным затвором / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов, А.М. Мельцер, Д.А. Макаренков // *Химическое и нефтегазовое машиностроение*. 2022. 58 (8). С. 7–11.
6. Патент 2781394 Российская Федерация. Осевой клапан / А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов, А.Б. Капранова, Д.Е. Голубев, О.В. Мишанин, Н.С. Лашцевский, В.А. Рознер, И.А. Стогов. Оpubл. 11.10.2022. Бюл. № 29.

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ КРИОГЕННОГО КЛАПАНА

**Н.Д. Ковпанько, И.А. Овчинников, А.Б. Капранова,
А.Е. Лебедев**

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

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены основные отличительные особенности криогенного запорного плунжерного проходного клапана. Широкий диапазон низких температур с перепадом более 100 °С для рабочих сред накладывает регламент на герметизацию уплотнений, в том числе для штока.

Ключевые слова: криогенный клапан, герметизация, уплотнения, конструкция

DISTINCTIVE FEATURES OF THE CRYOGENIC VALVE DESIGN

N.D. Kovpanko, I.A. Ovchinnikov, A.B. Kapranova, A.E. Lebedev

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

Yaroslavl State Technical University

The main distinguishing features of a cryogenic shut-off plunger through valve are considered. A wide range of low temperatures with a difference of more than 100 °C for working environments imposes regulations on the sealing of seals, including for the stem.

Keywords: cryogenic valve, sealing, seals, construction

Применение криогенной арматуры актуально для многих отраслей промышленности, однако именно клапаны являются наиболее предпочтительным вариантом для регулирования параметров движения снижен-

ного природного газа или продуктов разделения воздуха по сравнению с шаровыми кранами или задвижками [1]. Данный факт объясняется надежностью запорных клапанов в условиях обеспечения максимальной герметизации потока рабочей среды. Повышенный износ уплотнительных соединений при работе со сжиженным газом (например, кислородом, водородом, фтором, азотом, фреоном, гелием) [2, 3], когда температурные перепады превышают 100 °С, может привести к нарушению безопасного режима работы трубопроводной арматуры [4]. Криогенная техника имеет несколько типов: обратного действия, запорно-регулирующая, предохранительная.

Достижения требуемых показателей надежности криогенных клапанов должно быть обеспечено такими изоляционными свойствами, чтобы отсутствовал контакт рабочей среды с уплотнительными материалами. В противном случае, будет наблюдаться потеря эластичности манжет и предаварийный/аварийный режим работы арматуры. Рассматриваемая конструкция [5] имеет характерные отличительные особенности. Уплотнение штока расположено между верхней крышкой и штоком. Для предотвращения попадания твердых дисперсных материалов в элементы изолятора и уплотнений исключается контакт, данный уплотнений с рабочей средой. В частности, имеются несколько видов уплотнений: внутренне - между верхней крышкой и плунжером, среднее – между плунжером и стойкой вместе с направляющим кольцом, дополнительное внешнее - между верхней крышкой и стойкой. Изолятор помещается в обойму в форме цилиндра, причем указанный изолятор представляет собой набор цилиндрических элементов с кольцевыми канавками на торцах с возможным сообщением через кольцевые канавки. Дополнительно установлен фильтрующий элемент для очищения среды от дисперсного материала.

Таким образом, размещение уплотнения штока в верхней части клапана позволяет продлить его срок службы посредством исключения контакта с низкотемпературной областью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Романенко, Н.Т.* Криогенная арматура / Н.Т. Романенко, Ю.Ф. Куликов. М.: Машиностроение, 1978.
2. *Малков М.П. и др.* Справочник по физико-техническим основам криогеники, 1985.
3. *Иванов, Б.А.* Безопасность работы с жидким кислородом / Б.А. Иванов, А.С. Розовский. М.: Химия, 1989.
4. *Бродянский, В.М.* Термодинамические основы криогенной техники / В.М. Бродянский, А.М. Семенов. М.: Энергия, 1980. 448 с.
5. Пат. 2738990 Российская Федерация. Криогенный запорный плунжерный проходной клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, Д.В. Воронин, Н.Н. Бондарь. Опубл. 21.12.2020. Бюл. № 36.

КОНСТРУКТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ТВЕРДОЙ ДИСПЕРСНОЙ СМЕСИ

Д.Д. Бахаева¹, Д.В. Стенько², Д.В. Федорова¹,
А.Б. Капранова¹, А.Е. Лебедев¹

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

¹Ярославский государственный технический университет

²ООО «Контур Кавер Групп»

Проектирование конструктивного обеспечения программно-аппаратного комплекса, включающего цифровой экспресс-метод, основанный на различии по цвету частиц смеси для быстрой оценки содержания компонентов смеси в пробе и последующего вычисления коэффициента неоднородности, как основного показателя качества.

Ключевые слова: технологический процесс, цифровой способ, смешение, сыпучая смесь, программно-аппаратный комплекс.

DESIGN SUPPORT FOR EXPRESS ANALYSIS OF A SOLID DISPERSED MIXTURE

D.D. Bahaeva¹, D.V. Stenko², D.V. Fedorova¹,
A.B. Kapranova¹, A.E. Lebedev¹

Scientific Supervisors - **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics Sciences, Professor,

A.E. Lebedev, Doctor of Technical Sciences, Professor,

¹Yaroslavl State Technical University

²Kontur Cover Group LLC

Designing the hardware and software system hardware, including a digital express method based on the difference in the color of the particles of the mixture for a quick assessment of the content of the mixture components in the sample and the subsequent calculation of the coefficient of heterogeneity, as the main indicator of quality.

Keywords: technological process, digital method, mixing, free-flowing mixture, software-hardware system.

Процесс смешения твердых дисперсных компонентов имеет широкое распространение, а проблема оценки качества получаемой смеси актуальна для нужд химической, пищевой, агропромышленной направленности, строительной индустрии и требует решения в связи с ужесточением регламентных требований к показателю однородности готового продукта [1,2]. Определение показателей однородности смеси является одним из наиболее сложных и трудоемких процессов, особенно когда смесь трудно разделить на исходные компоненты [3, 4]. В основном для определения дисперсных характеристик, таких как коэффициент неоднородности сыпучего материала, используются контактные методы, которые заключаются в физическом взятии проб и дальнейшем определении концентраций компонентов с использованием физических и химических методов анализа (ситовый анализ, седиментация и пр.), главным недостатком которых является их трудоемкость. В бесконтактных методах могут использоваться, например, облучение исследуемого образца рентгеновскими лучами, но у этих способов узкая область применения и высокая стоимость. Наиболее доступными и дешевыми из бесконтактных методов оценки качества твердой дисперсной смеси являются методы, основанные на фото и видео анализе поверхности смеси, но такой подход требует введения фотокамеры в рабочую зону смесителя без его остановки, что возможно лишь в смесителях с открытой рабочей зоной, которые не имеют широкого распространения. Таким образом, для исследования характеристик дисперсных систем применение бесконтактных методов практически невозможно.

В связи с этим, разработка новых контактных экспресс методов оценки параметров дисперсности является актуальной задачей. Проанализировав положительные и отрицательные стороны обоих методов, предлагается новый комбинированный полубесконтактный экспресс-метод для оценки качества твердой дисперсной смеси и аппарата для его реализации [5].

Основные элементы устройства: вычислительный блок (персональный компьютер, мобильное устройство), фотокамера, пробоотборники, панель анализа, световое оборудование (рис. 1). Программная часть реализует уникальный алгоритм, позволяющий перераспределить пиксели цифрового изображения опытной пробы по компонентам смеси, написанный на языке программирования Python.

Аппаратная часть экспресс-метода включает в себя две стадии:

- 1) Отбор проб смешиваемых компонентов и смеси, разложение их на ровной гладкой поверхности равномерным слоем;
- 2) Получение изображений этих проб, осуществляемое при одинаковых экспозициях.

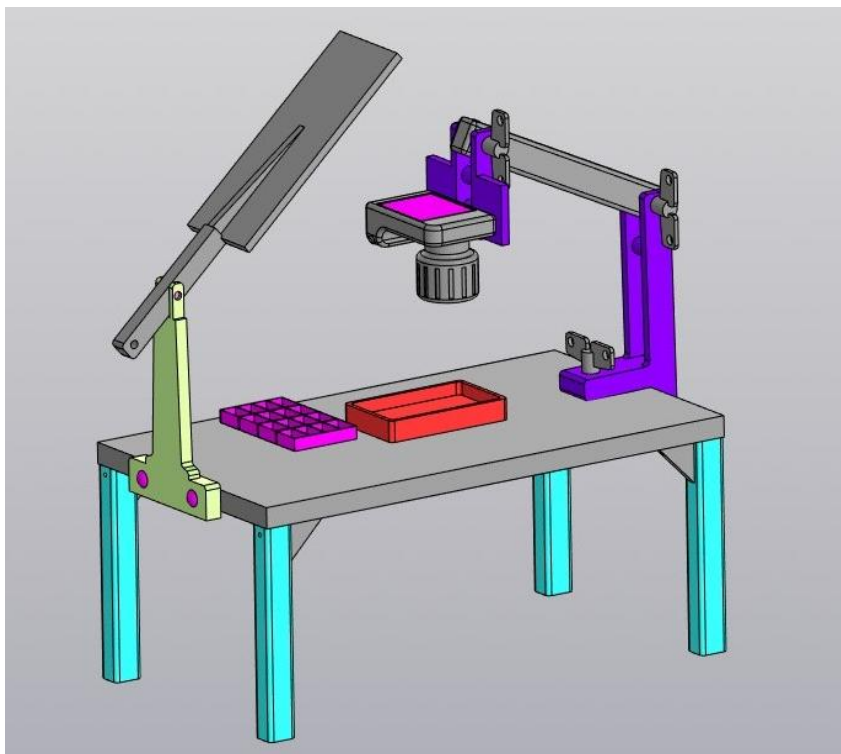


Рис. 1. Аппарат для реализации экспресс-анализа

На этапе отбора проб для обеспечения максимальной точности дальнейшей работы алгоритма забор проб необходимо производить из разных зон смеси и с отличающейся глубиной погружения пробоотборника.

Затем отобранные пробы подготавливаются к фотографированию и обработке. Разрешение камеры должно быть не менее 2 МП, для обеспечения качественной обработки исследуемых частиц размером 0,01-10 мм. При фотографировании необходимо поочередно распределить их равномерным тонким слоем на ровной матовой поверхности, которая должна отличаться по цвету от исследуемого материала для большей точности анализа.

Для реализации работы алгоритма необходимо как минимум два изображения проб (рекомендуется от 5 до 10). Наибольшей достоверности результата можно достичь, обеспечив одинаковые условия их съемки: светочувствительность, экспозиция, расстояния от материала до камеры, освещенность. При фотографировании необходимо также обеспечить

отсутствие бликов и теней от фотографируемого объекта. В случае сжатия изображений использовать одинаковые параметры.

Таким образом, предложенный аппарат для реализации экспресс-анализа оценки качества твердой дисперсной смеси способствует развитию методов контроля выполнения регламентных требований к показателю однородности готового продукта, а также инженерных методов расчета рациональных параметров процесса смешения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Стенько, Д.В.* Стохастический анализ ротационного смешения полимерных компонентов в рамках рециклинга и развития технологий 3D-печати / Д.В. Стенько, А.Б. Капранова, Д.Д. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Е. Лебедев // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2021. 57 (11). С. 16-21.
2. *Капранова, А.Б.* Исследование качества смеси на первой стадии работы аппарата гравитационного типа / А.Б. Капранова, И.И. Верлока, П.А. Яковлев, Д.Д. Бахаева // РХЖ (Журн. хим. общества им. Д.И. Менделеева). 2018. Т. 62. № 4. С. 48-50.
3. *Капранова, А.Б.* Исследование энергетических характеристик процесса смешивания сыпучих компонентов в ротационном аппарате / А.Б. Капранова, Д.Д. Бахаева, Д.В. Стенько, И.И. Верлока // Вестник ИГЭУ. 2020. № 3. С. 70-78. DOI: 10.17588/2072-2672.2020.3.070-078
4. *Kapranova, A.* Distribution of the components of the building mixture in the presence of secondary raw materials during rotary mixing / A. Kapranova, D. Bahaeva и др. // E3s Web of Conference. 2020. Vol. 220, 01060. Published online 16 December 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/2020220010603.
5. *Бахаева, Д.Д.* Цифровой способ оценки качества твердой дисперсной смеси / Д.Д. Бахаева, Д.В. Стенько, И.И. Верлока, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. 20-21 апреля 2022 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 2. С. 144-147.

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРОБ ИЗ РАБОЧЕГО ОБЪЕМА
СМЕСИТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

**Д.Д. Бахаева¹, Д.В. Стенько², Д.В. Федорова¹,
А.Б. Капранова¹, А.Е. Лебедев¹**

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

¹Ярославский государственный технический университет

²ООО «Контур Кавер Групп»

В работе представлена конструкция устройства для извлечения проб из рабочего объема смесительного аппарата, позволяющего исследовать смеси склонных к сегрегации материалов.

***Ключевые слова:** пробоотборник, технологический процесс, смешение, сыпучая смесь, программно-аппаратный комплекс*

**DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A DEVICE
FOR EXTRACTING SAMPLES FROM THE WORKING
VOLUME OF THE MIXING APPARATUS**

**D.D. Bahaeva¹, D.V. Stenko², D.V. Fedorova¹,
A.B. Kapranova¹, A.E. Lebedev¹**

Scientific Supervisors - **A.B. Kapranova**, Doctor of Physics
and Mathematics Sciences, Professor,

A.E. Lebedev, Doctor of Technics Sciences, Professor,

¹Yaroslavl State Technical University

²Kontur Cover Group LLC

The paper presents the design of a device for extracting samples from the working volume of a mixing apparatus, which makes it possible to study mixtures of materials prone to segregation.

Keywords: *sampler, technological process, mixing, loose mixture, software and hardware complex*

Определение показателей однородности смеси является одним из наиболее трудоемких процессов, особенно когда смесь склонна к сегрегации и ее трудно разделить на исходные компоненты [1]. В работе [2] предлагается новый комбинированный полубесконтактный экспресс-метод для оценки качества твердой дисперсной смеси и аппарата для его реализации.

Одним из этапов работ по данной методике является отбор проб. Для исследования проб в промышленности используются различные типы пробоотборников. В настоящее время разработано достаточно много разных типов устройств для отбора проб сыпучих сред. Однако не все конструкции данных приспособлений позволяют исследовать смеси склонных к сегрегации материалов.

Для отбора проб была разработана новая конструкция устройства, схема которой показана на рисунке 1.

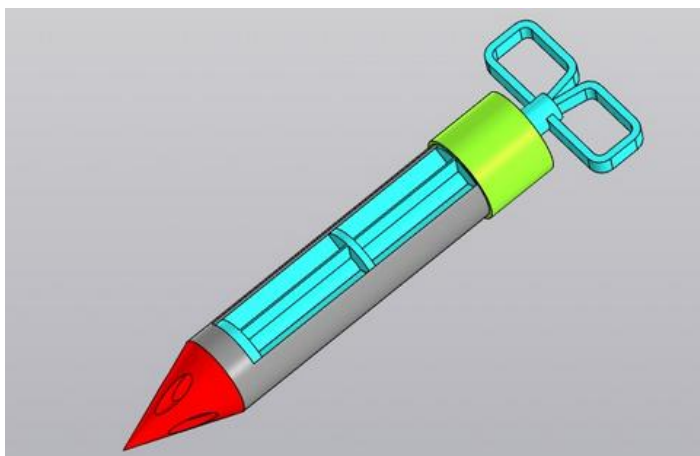


Рис. 1. Конструкция пробоотборника

Пробоотборник состоит из полого цилиндрического корпуса, внутри которого размещен отборный орган с возможностью поворота. Отборный орган представляет собой вал, имеющий на конце рукоятку. На валу размещены три диска, между которыми установлены перегородки. На конце корпуса установлен конический обтекатель.

На этапе отбора проб для обеспечения максимальной точности дальнейшей работы алгоритма забор проб необходимо производить из

разных зон смеси и с отличающейся глубиной погружения пробоотборника.

Отбор проб производится путем введения устройства в слой материала. Для захвата смеси осуществляют поворот вала. При этом материал «запирается» в секторах между перегородками. Выгрузка пробы происходит путем поворота вала.

Предложенная конструкция поможет на этапе отбора проб для реализации полубесконтактного экспресс-анализа оценки качества твердой дисперсной смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Капанова, А.Б.* Исследование качества смеси на первой стадии работы аппарата гравитационного типа / А.Б. Капанова, И.И. Верлока, П.А. Яковлев, Д.Д. Бахаева // РХЖ (Журн. хим. общества им. Д.И. Менделеева). 2018. Т. 62, № 4. С. 48-50.
2. *Бахаева, Д.Д.* Цифровой способ оценки качества твердой дисперсной смеси / Д.Д. Бахаева, Д.В. Стенько, И.И. Верлока, А.Е. Лебедев, А.Б. Капанова // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. 20-21 апреля 2022 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 2. - С. 144-147.

О СПОСОБАХ СМЕШЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Д.В. Стенько, Д.Д. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Б. Капранова

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

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрен вопрос получения качественной смеси из гранул полимерных материалов с использованием различных способов смешения.

Ключевые слова: рециклинг, полимерные компоненты, смешение, коэффициент неоднородности

ABOUT METHODS OF MIXING POLYMER MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF PLASTIC PRODUCTS

D.V. Stenko, D.D. Bahaeva, D.V. Fedorova, A.B. Kapranova

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

Yaroslavl State Technical University

The issue of obtaining a high-quality mixture from granules of polymer materials using various mixing methods is considered.

Keywords: recycling, polymer components, mixing, coefficient of heterogeneity

С увеличением объемов производства различных бытовых и одно-разовых товаров выросли объемы пластиковых отходов. Наиболее перспективным направлением переработки как с экономической, так и экологической точки зрения является рециклинг. Продуктом такой переработки являются гранулы полимерных материалов, которые допускается использовать при производстве новых изделий. В чистом виде переработанные гранулы не используются для производства новых изделий, поэтому на подготовительной стадии производства гранулы чистого и пе-

реработанного полимера смешиваются с регламентным соотношением (рис. 1).

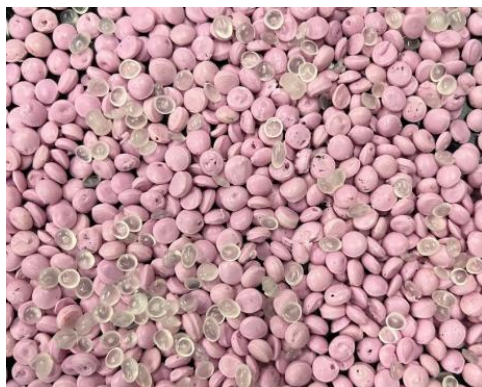


Рис. 1 Фотография смеси первичного и вторичного полипропилена

Наиболее распространенным является механический способ смешения (рис. 2), когда объемы смешиваемых материалов перемещаются за счет воздействия на них корпуса или других рабочих органов смесителя.

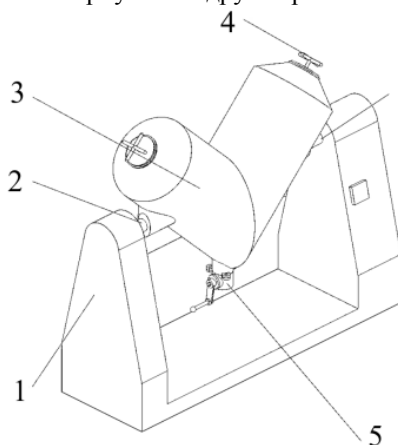


Рис. 2. V-образный смеситель с функцией двунаправленного перемешивания [1]

Смеситель содержит станину 1, вал 2 для вращения V-образного корпуса 3, узел загрузки материала 4 и привод 5 для вращения лопастей, установленных внутри корпуса. При использовании данного способа

смешения, значение коэффициента неоднородности V_c не ниже 10% [2], что является удовлетворительным результатом с точки зрения качества получаемой смеси.

Другим перспективным способом получения качественной смеси является смешение твердых полимерных частиц во взвешенном состоянии с использованием ударных эффектов (рис. 3).

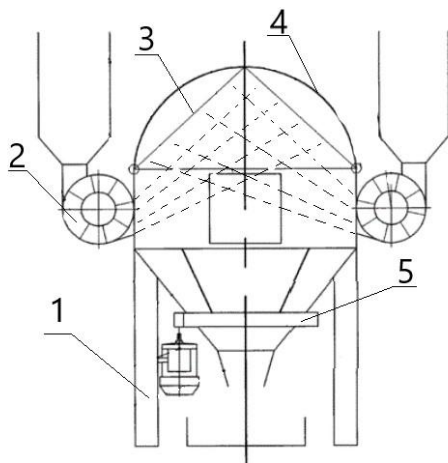


Рис. 3. Смеситель полимерных материалов [3]

Смеситель состоит из рамы 1, ротационных распылителей 2, отбойных поверхностей 3, корпуса 4, устройства выгрузки 5. Смешение полимерных материалов в разреженных потоках позволит избежать возникновения сегрегации, а наличие дополнительного смесительного эффекта, за счет отбойных элементов, позволит получить качество смеси с коэффициентом неоднородности V_c ниже 10 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yang Zhaojun, Liu Huayang, Li Xiaopeng, Gao Xin, Yang Zhaohai, ZHUANG LEI. V-shaped mixing machine with bidirectional stirring function// Patent CN № 114053913, B01F 29/64, Shandong meishida agriculture and husbandry technology CO, LTD, 2022.
2. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов/ Ю. И. Макаров. - М.: Машиностроение. - 1973. - 216 с.
3. Патент 2749510 Российская Федерация, МПК В01F 3/18, В01F 5/04, В01F 7/00, В01F 9/10. Смеситель сыпучих материалов / А. Е. Лебедев, А. Б. Капранова, Д.В. Стенько. Оpubл. 11.06.2021. Бюл. № 17.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНОЙ НИТИ ПРИМЕНЯЕМОЙ ПРИ 3D-ПЕЧАТИ

Д.В. Стенько, Д.Д. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Б. Капранова

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

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрен вопрос производства филамента для 3D-печати. Разработана компьютерная 3D-модель ротационного смесителя с коническим отбойником.

***Ключевые слова:** филамент, полимерная нить, смешение, ротационный смеситель, 3D-моделирование*

DESIGN OF MIXING EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF POLYMER FILAMENT USED IN 3D PRINTING

D.V. Stenko, D.D. Bahaeva, D.V. Fedorova, A.B. Kapranova

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

Yaroslavl State Technical University

The issue of filament production for 3D printing is considered. A 3D computer model of a rotary mixer with a conical bump has been developed.

***Keywords:** filament, polymer thread, mixing, rotary mixer, 3D modeling*

В качестве сырья для производства пластиковых изделий методом послыонного наплавления выступает полимерная нить (филамент) диаметром 1.75, 2.85 или 3 мм. Для производства филамента используются полимеры из группы термопластов, которые многократно могут менять агрегатное состояние в зависимости от температуры. Чаще всего эти полимеры представляют собой белые или прозрачные гранулы, чтобы придать филаменту необходимые свойства полимерные гранулы смешиваются с различными добавками. В качестве добавок могут использоваться раз-

личные модификаторы, наполнители, антипирены, красители и т.д. Сушка и смешение полимеров с добавками происходит на подготовительном этапе после чего смесь транспортируется на линию по производству филамента (рис 1.)

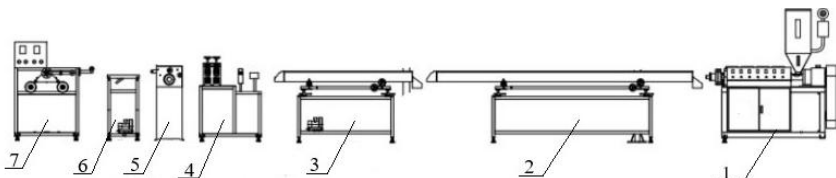


Рис. 1. Схема линии по производству филамента для 3D-печати [1]

В стандартном исполнении линия состоит из экструдера с фильерой 1, горячей ванны 2, холодной ванны 3, тягового устройства 4, счетчика 5, сушки 6 и узла намотки 7.

Как правило, смешение материалов происходит с помощью механического воздействия на частицы, в связи с чем появляется высокий риск появления нежелательных эффектов сегрегации и агломерации. В настоящей работе предлагается рассмотреть процесс проектирования нового смешительного оборудования, в котором смешение происходит в 2 этапа. На первом этапе с помощью ротационных узлов создаются разреженные потоки смешиваемых частиц [2, 3]; на втором этапе частицы сталкиваются с отбойной поверхностью и падают в ёмкость для выгрузки из смесителя. Ранее в работах [4, 5] были определены значения параметров для проектирования ротационного узла. Опираясь на эти данные, была разработана новая 3D-модель ротационного смесителя (рис. 2).

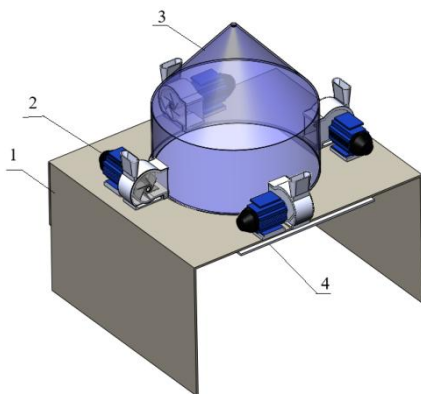


Рис. 2. Компьютерная 3D-модель нового смесителя для подготовки полимерной смеси

Смеситель состоит из рамы 1, ротационных узлов 2, конического отбойника 3, устройства выгрузки 4. Предлагается использовать четыре противоположно направленных ротационных узла, которые одновременно создают перекрещивающиеся потоки смешиваемых компонентов. Это решение позволит одновременно смешивать до четырех компонентов, тем самым повысить производительность и улучшить качество получаемой смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экструдер для производства филамента и 3D нити для 3D принтера. URL: <https://tleda.ru/3d-extruder/> (дата обращения 12.03.2023).
2. *Stenko, D.V.* Stochastic analysis of rotary mixing of polymer components in the framework of recycling and the development of 3D printing technologies / D.V. Stenko, A.B. Kapranova, D.D. Bakhaeva, D.V. Fedorova, A.E. Lebedev // *Chemical and Petroleum Engineering*, March 2022. DOI: 10.1007/s10556-022-01027-x
3. *Kapranova, A.B.* Analysis of the Efficiency of the Rotary Method for Producing a Mixture of Granular Raw Materials in the Preparation of a Cyber-Physical Platform / A.B. Kapranova, D. V. Stenko, D. D. Bahaeva, A. A. Vatagin, A. E. Lebedev // *Cyber-Physical Systems: Modelling and Industrial Application*, 27.03.2022. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-95120-7_25
4. *Stenko, D.V.* Parametric 3-D Modeling of a Rotary Mixer for Mixing Granules of Thermosoftening / D.V. Stenko, A.B. Kapranova, D.D. Bakhaeva, D.V. Fedorova // *Fibre Chemistry*, Vol. 53, No. 6 16 August 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s10692-022-10306-5>
5. *Стенько, Д.В.* Разработка имитационной модели основного узла ротационного смесителя зернистых сред / Д.В. Стенько, Д.В. Бахаева, Д.В. Федорова, А.Б. Капранова // 74-я всеросс. науч.-техн. конф. ЯГТУ студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием (21 апреля 2021 г.): сб. материалов конф. : В 2 ч. Ч. 2. Ярославль : Издательство ЯГТУ, 2021. 950 с. 1 CDROM. Текст: электронный. С. 122-124.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШАРОВОГО КРАНА С ДЕЛИТЕЛЕМ ПОТОКА

П.К. Бральнина, А.В. Городникова, С.Н. Черпицкий

Научный руководитель – **С.Н. Черпицкий**, старший преподаватель.

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается принцип действия шарового крана. Изучили, что содержит в себе регулирующий клапан.

Ключевые слова: шаровой кран, клапан

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A BALL VALVE WITH A FLOW DIVIDER

P.C. Bralnina, A.V. Gorodnikova, S.N. Cherpitskiy

Scientific supervisor - **S.N. Cherpitskiy**, Senior Lecturer.

Yaroslavl State Technical University

The principle of operation of a ball valve is considered. We studied what the control valve contains.

Key words: ball valve, valve

Шаровой кран – разновидность трубопроводного крана, запирающий или регулирующий элемент которого имеет сферическую форму. Это один из современных и прогрессивных типов запорной арматуры, находящий всё большее применение для различных условий работы в трубопроводах, транспортирующих природный газ и нефть, системах городского газоснабжения и других областях. Имеется также возможность использовать его в качестве регулирующей арматуры.

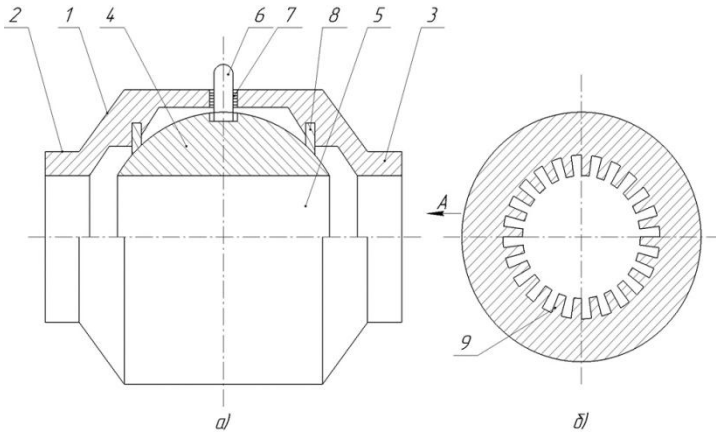


Рис. 1. Регулирующий клапан с делителем потока: а) — общий вид; б) — вид сверху затвора с делителем

Клапан регулирующий содержит составной корпус 1 с входным 2 и выходным 3 патрубками, шаровой поворотный затвор 4 со сквозным отверстием 5, шток 6, уплотнение 7 штока, седла 8 [2] шарового поворотного затвора [1]. В сквозном отверстии 5 расположен шаровый поворотный затвор 4, имеющий прорезы 9 на гранях, переходящих в отверстие. Прорезы выполняют функцию дросселирования. Также прорезы 9 могут быть выполнены в виде отверстий.

Данная конструкция относится к запорной и регулирующей арматуре [3], в частности к шаровым кранам с дросселирующими элементами, и предназначено для использования в системах гидравлики, пневматики, в различных отраслях промышленности, энергетике, военных устройствах, медицине [1].

Клапан, изображенный на рисунке 1, работает следующим образом: В полностью открытом положении сквозное отверстие 5 шарового поворотного затвора 4 полностью открыто и жидкость свободно проходит через кран. При полностью закрытом положении шаровой поворотный затвор 4 повернут на 90° относительно полностью открытого положения [1], движение жидкости через кран отсутствует.

Открытие крана происходит при повороте шарового затвора 4. На первичном этапе открытия жидкость поступает из входного патрубка 2 и проходит через частично открытое сквозное отверстие 5. За счёт прорезей на корпусе затвора происходит разбиение потока на струи для предотвращения кавитации. Поскольку данные прорезы на корпусе затвора 4 (рис. 1, а) имеют ограниченную глубину, деление потока на

струи происходит только на начальном этапе открытия клапана, с помощью дросселирующего элемента 9, когда скорости потока высоки, а давление мало. Такая компоновка элементов в клапане позволяет эффективно бороться с кавитацией, не создавая высокого гидравлического сопротивления.

Задачей данной конструкции клапана является, предотвращение возникновения кавитации [4] при относительно невысоком гидравлическом сопротивлении в открытом положении. Решение поставленной задачи успешно достигается тем, что предлагается клапан, содержащий элемент дросселирующий поток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2785978 Российская Федерация. Клапан регулирующий / А.Е. Лебедев, К.С. Шлыков, Д.А. Крутилов, А.В. Сажин, И.А. Иванов, О.И. Верлока. . Оpubл.: 15.12.2022. Бюл. №35.
2. *Гуревич, Д.Ф.* Трубопроводная арматура. Справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1981. 386 с.
3. *Kapranova, A.B.* Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, eS.V. klyudov, A.M. Melzer // *Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems*. March 2020, Vol. 8, article 32 (pp. 1-17). DOI: 10.3389/fenrg.2020.00032
4. *Kapranova, A.B.* Calculation of hydraulic resistance in the separator of the direct-flow control valve with a rotary lock / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, A.M. Melzer // *E3s Web of Conference – 2020. – V. 220, 01073*. Published online 16 December 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202022001073.

УДК 621.929.6

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ БАРАБАННЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ С ЭЛАСТИЧНЫМИ РАБОЧИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

П.М. Смирнов, С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис

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

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются принципиальные схемы барабанных устройств для смешивания сыпучих материалов с эластичными рабочими элементами, позволяющие снизить сегрегацию перерабатываемых компонентов. На основе анализа устанавливаются основные конструктивные и технологические приемы повышения их эффективности.

Ключевые слова: барабанный смеситель, конструкция, сыпучие материалы, сегрегация, однородность смеси

DEVELOPMENT OF SCHEMATIC DIAGRAMS OF BULK MATERIALS DRUM MIXERS WITH ELASTIC WORKING ELEMENTS

P.M. Smirnov, S. N. Cherpitskiy, M.Yu. Tarshis

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

Yaroslavl State Technical University

Schematic diagrams of drum devices for mixing bulk materials with elastic working elements, which reduce the segregation of processed components, are considered. Based on the analysis, the main constructive and technological methods of increasing their effectiveness are established.

Keywords: drum mixer, construction, bulk materials, segregation, homogeneity of the mixture.

Процессы приготовления однородных сыпучих смесей широко используются в различных отраслях промышленности. Однако решение задачи получения таких смесей осложняется целым рядом негативных

факторов процесса. К ним могут быть отнесены и необходимость получения составов с низкой концентрацией одного или нескольких компонентов смеси, их высокая адгезия к поверхностям рабочих элементов, различие компонентов по физико-механическим свойствам (диаметрам, плотностям частиц, их форме) и рядом других. Последний из упомянутых факторов определяет основную проблему получения однородных составов – сегрегацию частиц компонентов. При доминировании сегрегации смеситель фактически утрачивает свою функцию.

Для приготовления однородных сыпучих составов широкое применение в промышленности находят аппараты барабанного типа в силу тихоходности и, поэтому, сравнительно малой энергоемкости. Смешивание компонентов в таких аппаратах происходит при их пересыпании внутри вращающегося корпуса (в режиме переката). Сегрегация компонентов возникает за счет образования ядра более мелких и (или) более плотных частиц в центре циркуляции смеси. Использование в таких аппаратах эластичных рабочих элементов позволяет решить ряд проблем, связанных с действием негативных факторов процесса, включая склонность к сегрегации смеси. Ниже приводится описание принципиальных схем аппаратов периодического и непрерывного действия, применение в конструкции которых эластичных элементов позволяет существенно повысить их эффективность при переработке сегрегирующих смесей.

На рис. 1 показан смеситель [1], который содержит горизонтальную эластичную емкость, выполненную в виде соединенных между собой торообразных эластичных камер 1, связанных с устройством их радиального деформирования 2, 3 фланцев 4. Камеры установлены внутри цилиндрического корпуса 5 и поджаты крышкой 6. В бортах камер выполнены Г-образные надрезы и элементы 7 бортов отогнуты (в виде лопастей) и зафиксированы под острыми углами к оси камеры с помощью уголков 8. Камеры 1 соединены с патрубком 9 загрузки смешиваемых компонентов и патрубком 10 выгрузки смеси, под которым размещен приемный бункер 11. Цилиндрический корпус 5 установлен на роликах 12, связанных с приводом вращательного движения. Смешиваемые компоненты из патрубка загрузки 9 через отверстие в крышке 6 поступают в крайнюю камеру 1. При включении привода корпуса 5 сыпучие компоненты, находящиеся внутри камеры 1, движутся в режиме переката, то есть поднимаются вверх и, достигнув некоторого уровня, обрушиваются. При радиальном деформировании эластичных камер изменяется радиус кривизны внутренней поверхности, контактирующей с сыпучим материалом. Происходит постоянное изменение формы поперечного сечения сыпучей смеси и дополнительное конвективное воздействие на смесь.

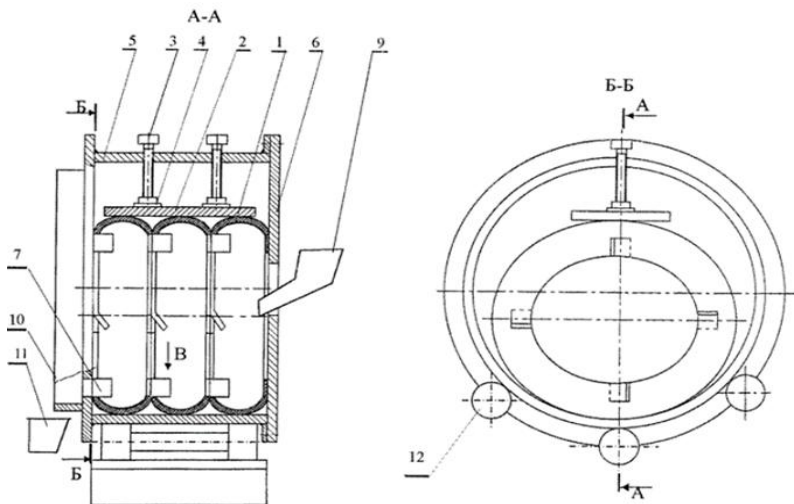


Рис. 1. Смеситель

Вспомогательные элементы, отогнутых из бортов эластичных камер, приводит к дополнительному конвективному перемешиванию смеси, разрушению ядра сегрегации.

Смеситель [1], показанный на рис. 2 содержит раму 1 и установленную на ней горизонтальную емкость, образованную укрепленными валу 2 дисками 3, 4 и охватывающей их бесконечной лентой 5, патрубки подачи компонентов 6 и выгрузки смеси 7. Лента огибает натяжные ролики 8, 9 и приводной ролик 10. Внутри емкости размещены горизонтальные шнеки 11, валы которых установлены на дисках 3, 4 в подшипниках 12.

Компоненты дозаторами через патрубков 6 загружаются в цилиндрическую емкость. При работе привода лента 5 приходит в движение, и находящиеся с ней в контакте диски 3, 4 начинают вращаться вместе со шнеками 11. Компоненты, находящиеся в рабочей емкости, перемешиваются в потоке обрушения материала. При прохождении шнеков через смесь происходит дополнительное конвективное воздействие на ее компоненты. Кроме того, вращающиеся шнеки периодически проходят через центр циркуляции смеси, вокруг которого формируется застойная зона и «выдавливают» локализующиеся здесь в результате сегрегации частицы в область активного смешивания.

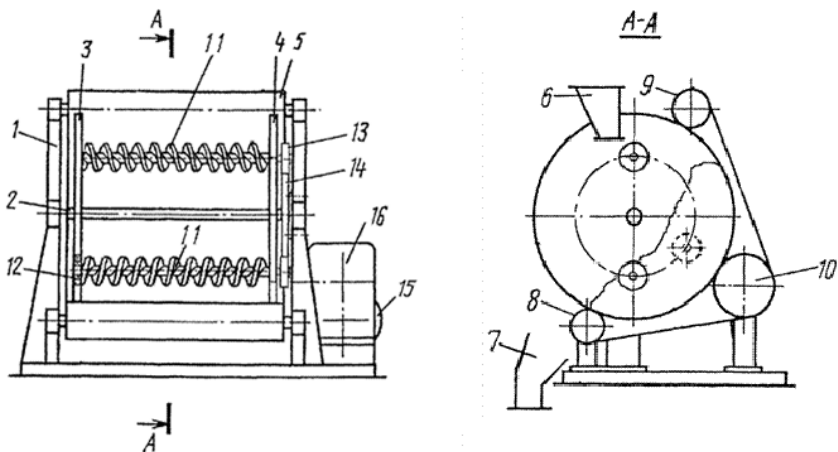


Рис. 2. Смеситель

В заключение перечислим конструктивные и технологические методы снижения сегрегации компонентов использованные в рассмотренных аппаратах барабанного типа эластичными рабочими элементами

- установка дополнительных перемешивающих элементов в центре сегрегации смеси;
- применение устройств распределённой подачи компонентов (равномерная подача компонентов в поток обрушения);
- применение рабочей камеры изменяемой формы;
- применение перемешивающих элементов, выполненных в виде шнеков, имеющих противоположное направление навивки, в виде лопастей переменного наклона к оси аппарата.

Перечисленные методы могут применяться при проектировании принципиальных схем новых аппаратов данного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 2618065 Российская Федерация. Смеситель сыпучих материалов / Таршис М.Ю., Черпицкий С.Н., Королев Л.В., Зайцев А.И. Опубл. 02.05.2017. Бюл. № 13.
2. Патент 2471540 Российская Федерация. Смеситель / Таршис М.Ю., Зайцев А.И., Королев Л.В., Волков М.В. Опубл. 10.01.2013. Бюл. № 1.

**РАЗРАБОТКА ВЫСОКОРЕСУРСНОГО
КОМБИНИРОВАННОГО ФИЛЬТРА ПОВЫШЕННОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

П.М. Смирнов, М.Ю. Таршис

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

Ярославский государственный технический университет

Разрабатывается новая конструкция высокоресурсного фильтра и технология очистки воздуха энергетических установок

Ключевые слова: электрофильтр, рукавный фильтр, комбинированный фильтр

**DEVELOPMENT OF A HIGH-RESOURCE OF A COMBINED
FILTER OF INCREASED EFFICIENCY FOR CLEANING GAS
OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

P.M. Smirnov, S. N. Cherpitskiy, M.Yu. Tarshis

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

Yaroslavl State Technical University

A new design of a high-resource filter and air purification technology for power plants are being developed

Keywords: electrostatic precipitator, bag filter, combined filter

В настоящее время многие предприятия тепловой энергетики, черной и цветной металлургии, производства строительных материалов оказывают значительное негативное воздействие на экологию из-за пылевых выбросов отходов в атмосферу. Для сокращения негативного воздействия на экологию, на промышленных предприятиях используются фильтрационные установки.

Все выше перечисленное, так или иначе, связано с эффективностью работой фильтрационных установок, используемых на предприятиях. Эти установки, принято классифицировать по способам фильтрации следующим образом на инерционные, электростатические и фильтрационные. Наибольшее распространение для очистки значительных объемов газовых выбросов получили электростатический и фильтрационный способы.

Электрофильтр состоит из входных и выходных патрубков, коронирующих и осадительных электродов, корпуса, бункеров, и системы пылеудаления. Он работает следующим образом. Воздух насыщенный пылью попадает во внутренний объем аппарата, где равномерно распределяется по всему сечению, затем газ поступает в активную зону работы фильтра, где частицы пыли заряжаются отрицательным зарядом, а потом - оседают на электроде, имеющем положительный заряд. По прошествии некоторого времени, слой пыли на осадительных электродах становится весьма внушительным и происходит встряхивание самого электрода, пыль ссыпается в бункер, а затем удаляется из него.

Рукавный фильтр состоит из входных и выходных патрубков, корпуса, рукавов, которые представляют собой фильтрационный материал, который просто натянут на каркас, в зависимости от исполнения может стоять система регенерации и система пылеудаления.

Рукавный фильтр работает следующим образом. Запыленный воздух, попадая во внутренний объем аппарата, проходит через фильтровальный материал, затем частицы пыли оседают на фильтровальном материале, а чистый воздух выходит в атмосферу. С течением времени слой пыли растет и увеличивается аэродинамическое сопротивление фильтра. По достижению определенного сопротивления происходит регенерация фильтра.

Наибольшее распространение для очистки значительных объемов газов получили электрический и фильтрационный способы.

Рассмотрим основные преимущества и недостатки данных способов.

Для фильтрационного способа можно отметить:

- увеличение гидравлического сопротивления при эксплуатации за счет нарастания слоя пыли;

- высокая эффективность улавливания твердых частиц пыли;

Для электрического способа:

- большие габариты установки;

- высокая эффективность при улавливании тонкодисперсной пыли;

- низкое и практически постоянное гидравлическое сопротивление.

Наибольшее распространение для фильтрации пылевых выбросов получили электрофильтры, из-за простоты конструкции и малого

гидравлического сопротивления. Однако достичь наилучших результатов с точки зрения эффективности очистки газопылевой смеси от твердых частиц можно с использованием именно рукавного фильтра.

В связи с изложенным, предложена комбинированная конструкция, содержащая последовательно установленные электрофильтр и рукавный фильтр.

Предлагается новая технология фильтрации и конструкция высококапитального комбинированного фильтра повышенной эффективности для очистки газов энергетических установок и промышленных предприятий.

В основу разработки положена конструкция комбинированного фильтра для двигателя внутреннего сгорания, описанного в работах [1-2].

В целом предлагаемая конструкция отличается простотой. Запыленный газ поступает в фильтр. Затем частицы заряжаются отрицательным зарядом, проходя через электрофильтр на входе. После этого, отрицательно заряженные частицы осаждаются на рукавах фильтра. В силу заряженности одним и тем же потенциалом, они отталкиваются друг от друга и образуют рыхлый слой, на поверхности фильтровального материала. Когда гидравлическое сопротивление оказывается значительным, происходит регенерация фильтрующего элемента сжатым воздухом.

Комбинирование принципов электрического и фильтрационного способов очистки газов в конструкции аппарата позволит достичь синергетического эффекта и обеспечить высокую эффективность пылеулавливания, не менее 99,5 %, при увеличении межсервисного интервала не менее чем на 20 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2772440 Российская Федерация. Комбинированный воздушный фильтр / Лебедев А.Е., Смирнов П.Б., Павлов А.А. и др. Оpubл. 20.05.2022.
2. *Смирнов, П.М.* Разработка высококапитального самоочищающегося электрофильтра / П.М. Смирнов, А.А. Павлов // Семьдесят четвертая Всеросс. научно-техн. конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших уч. завед. с межд. участием. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ. 2021. Т. 2. С. 505-507.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ГРАВИТАЦИОННО-ПЕРЕСЫПНОГО ДЕЙСТВИЯ

П.М. Смирнов, С.Н. Черпицкий, М.Ю. Таршис

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

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается методика проведения экспериментальных исследований качества сыпучей смеси в устройстве непрерывного действия. В основу методики положен бесконтактный способ исследования качества сыпучей смеси контрастных компонентов.

***Ключевые слова:** методика, смеситель, сыпучие материалы, эксперимент, критерий оценки, качество смеси.*

EXPERIMENTAL STUDIES OF BULK MATERIALS MIXERS OF GRAVITY-BULK ACTION

P.M. Smirnov, S.N. Cherpitskiy, M.Yu. Tarshis

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

Yaroslavl State Technical University

The conducting method of a loose mixture quality experimental studies in a continuous device is considered. The methodology is based on a non-contact method for studying the quality of a loose mixture of contrast components.

***Keywords:** methodology, mixer, bulk materials, experiment, evaluation criterion, mixture quality*

К смесителям гравитационно-пересыпного действия относятся аппараты, в которых процесс смешивания происходит в режиме переката, когда в объёме сыпучего материала можно выделить две области харак-

терного поведения частиц, которые движутся из области (транспортирования), пересекают поверхность раздела и попадают в область обрушения, где происходит их активное смешивание. Затем частицы снова попадают в область транспортирования. Среди таких смесителей наиболее представительной является группа аппаратов барабанного типа. Они содержат корпус, связанный с приводом вращения, патрубки загрузки компонентов и выгрузки смеси. За последние годы номенклатура смесителей данного типа была существенно расширена, а эффективность повышена за счет включения в конструкцию аппарата эластичных рабочих элементов [1]. Это, в свою очередь, ставит перед исследователями задачи совершенствования методов исследования таких устройств, в том числе, экспериментальных

Подход к разработке схемы исследований аппарата для смешивания сыпучих материалов, в целом, соответствует методике проведения эксперимента в любом техническом устройстве. Перечислим его основные этапы.

- 1) Определение цели проведения исследований.
- 2) Определение входных и выходных (определяемых) параметров.
- 3) Разработка экспериментальной установки.
- 4) Разработка методики определения выходных параметров.
- 5) Выбор критериев оценки параметров
- 6) Выбор методов математической обработки результатов.
- 7) Выбор плана проведения эксперимента.
- 8) Проведение эксперимента и интерпретация результатов.
- 9) Выбор метода математического моделирования процесса.

Рассмотрим каждый из приведенных этапов на примере исследования барабанно-лопастного смесителя [2]. Он содержит корпус, состоящий из торообразных эластичных камер, размещенных в горизонтальной трубе с крышками. Борта камер надрезаны, и элементы бортов отогнуты поочередно, в противоположных направлениях с образованием лопастей, которые связаны с механизмом регулировки углов их наклона. Камеры сообщаются с патрубками загрузки компонентов и выгрузки смеси.

1) Цель исследований состоит в установлении влияний параметров смесителя, процесса и свойств сыпучих компонентов на критерий качества получаемых составов.

2) Входные параметры системы смеситель – материалы и диапазоны их варьирования выбраны следующим образом:

$$\text{- конструктивные } \{K\} \sim \{\alpha_1, \alpha_2, L, L_p, d\delta, D\},$$

где $d\delta = 0,23$ м - внутренний диаметр рабочей камеры, $D = 0,242$ м, L – длина рабочей камеры, L_p – расстояние от края лопасти до перегородки

(точки выгрузки смеси), α_1, α_2 – углы наклона лопастей к плоскости поперечного сечения рабочей камеры. При этом:

$L = [0,01 - 0,405]$ м, $L_p = [0,01 - 0,09]$ м, $\alpha_1 = [8^\circ - 120^\circ]$,
 $\alpha_2 = [8^\circ - 120^\circ]$; - режимные $\{R_n\} \sim \{Q, k, n, c_m\}$, где Q – объем материала внутри рабочей камеры, k_s - коэффициент загрузки материала, n - частота вращения корпуса [30, 60] об/мин, c_m - концентрация ключевого компонента в смеси. $Q = [200, 400, 500, 1000]$ мл для одноступенчатого смесителя, $Q = [1200, 2400, 3000]$ мл для трехступенчатого смесителя, $k_s \in [0,14; 0,21; 0,28; 0,35]$, $c_m \in [0,1; 0,3; 0,5; 0,57; 0,66; 0,75; 0,8; 0,909; 0,95]$, $\omega = [\pi, 2\pi]$ рад/с; - физико-механические: средний диаметр частиц компонентов d и насыпная плотность материала ρ . Пределы варьирования параметров: $d \in [0,03; 0,05; 0,175; 0,275]$ см; $\rho \in [0,495; 0,666; 0,840; 1,3; 1,51.]$ г/см³.

В качестве критерия оценки однородности сыпучей смеси (выходного параметра) принят коэффициент неоднородности

$$V_c = \frac{1}{\bar{c}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}, \quad (1)$$

где \bar{c} - средняя по объему смеси массовая или объемная концентрация ключевого компонента, c_i - концентрация ключевого компонента в i -ой пробе, n - количество проб.

3) Экспериментальная установка может быть проще по конструкции, чем исследуемый аппарат, однако, должна позволить установить влияния параметров на качество получаемых смесей. Она содержит корпус, внутри которого размещены ступени с лопастями, прозрачные кольцевые перегородки и торцевые стенки. Через патрубок осуществляется загрузка компонентов. Последовательно снимая кольцевые перегородки и, удаляя смесь, находящуюся перед следующей перегородкой, проводят анализ смеси по методике [3] (см. п.4), и получают мгновенные значения коэффициентов неоднородности сыпучего материала в сечениях за перегородками.

4) В целях повышения эффективности исследований разработан бесконтактный способ определения качества смеси [3]. Он предполагает фиксацию изображения поверхности смеси через прозрачную стенку, анализ этого изображения посредством деления на пробные зоны и вычисление в них концентраций ключевого компонента с последующим определением коэффициента неоднородности.

5)-7) При обработке результатов эксперимента использован метод наименьших квадратов. Этим методом осуществлялся поиск уравнения приближенной регрессии, на основе минимизации функции из рассматриваемого класса, для которой сумма квадратов имеет наименьшее значение [1]:

$$f = \sum_{i=1}^n [V_{ci} - V_c(x)]^2 \rightarrow \min , \quad (2)$$

где V_{ci} - экспериментальные значения коэффициента неоднородности, $V_c(x)$ - аппроксимирующая функция, в качестве которой принималась та, для которой функция f являлась наименьшей из рассмотренного класса.

Для оценки качества аппроксимации была использована величина достоверности аппроксимации R^2 :

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{V}_i - \bar{V})^2}{\sum (V_i - \bar{V})^2} , \quad (3)$$

где V_{ci} - экспериментальное значение коэффициента неоднородности, \bar{V} - его среднее значение, \hat{V}_i - значение коэффициента неоднородности.

8) Интерпретация результатов эксперимента может быть связана с установлением связи качества смеси и входных параметров. Например, наличие минимума коэффициента неоднородности V_c на графике его зависимости от угла установки лопасти является результатом экстремального влияния наклона лопасти на величину объема захвата ядра сегрегации.

9) При моделировании процесса смешивания сыпучих материалов в барабанно-лопастном аппарате использован метод дискретных элементов. Выбор метода обоснован качественными исследованиями процесса, устанавливающими характер движения компонентов в его поперечном сечении.

Изложенная методика может применяться при проведении исследований непрерывно действующих аппаратов гравитационно-пересыпного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Таршис, М.Ю.* Исследование качества сыпучей смеси. Моделирование. Критерии. Эксперимент: монография / М.Ю. Таршис, Л.В. Королев, А.И. Зайцев. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2015. 116 с.
2. Пат. 2626203. Российская Федерация. Смеситель / Таршис М.Ю., Черпицкий С.Н., Королев Л.В., Зайцев А.И. Оpubл. 24.07.17. Бюл. № 21.
3. Пат. 2690539 Российская Федерация. Способ исследования качества смеси компонентов, различающихся по цвету / Таршис М.Ю., Черпицкий С.Н., Королев Л.В., Капранова А.Б. Оpubл. 04.06.19. Бюл. № 16.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ДВИЖУЩЕЙСЯ СМЕСИ В ДИСПЕРСНОМ ПОТОКЕ

Д.В. Лебедев, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А. Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается проблема образования смесей, однородных по составу. Рассматривается процесс смешения сыпучих материалов, двухкомпонентных смесей. Описаны модели формирования потоков из дисперсных сред и механизмы смешивания внутри потоков. Сделаны гипотезы о применимости моделей при подборе процессов и аппаратов для смесеобразования.

Ключевые слова: сыпучие материалы, смешение, управление потоками

FORMATION OF A DISPERSED FLOW BY FEEDING DIRECT MIXING OF FEED STREAMS

D. V. Lebedev, A. E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A. E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the problem of the formation of mixtures that are homogeneous in composition. The process of mixing bulk materials, two-component mixtures is considered. Models of formation of flows from dispersed media and mixing mechanisms within the flows are described. Hypotheses are made about the applicability of models in the selection of processes and devices for mixing.

Keywords: bulk materials, mixing, flow control

В процессах приготовления дисперсных смесей, в частности тех, компоненты которых представлены сыпучими материалами, принято выделять три основных механизма смешивания [1]: диффузионное смешивание, перемешивание при сдвиговом течении и конвективное смешивание. Диффузионное перемешивание происходит за счёт случайного движения частиц, когда они скатываются по свободной поверхности. При этом требуется высокая степень подвижности частиц. При сдвиговом

течении материала, происходящем либо под воздействием рабочего органа смесителя, либо из-за вращения барабана или бункера, сдвиговые зоны внутри насыпной массы вызывают перемешивание за счет обмена частицами через сдвиговые зоны. Конвективное перемешивание может быть достигнуто путем перемещения больших порций материала из одного места в другое в пределах насыпной массы. Частицы в этом случае не обладают большой подвижностью, что сводит сегрегацию к минимуму.

Рассмотренные выше механизмы являют собой базис, характеризую явно выраженные процессы, при этом в реальном применении аппаратов на различных смесях могут иметь место смежные и переходящие процессы.

Одной из задач в процессе приготовления смеси является формирование потоков смеси в дисперсных средах. В зависимости от состава смеси, процессов и аппаратов, применяемых при её формировании, может быть выделено несколько способов формирования потоков.

На рис. 1 показан типовой пример формирования потока под действием центробежных сил, что часто используется в смесителях барабанного и бункерного типа. Преимущество заключается в работе со смесью в пределах одного объёма, однако это может требовать сложных форм исполнения бункерной части смесителя и сложного типа вращения бункера. В противном случае смешивание будет происходить только вокруг одной оси вращения, а по длине бункера смесь может подвергаться сегрегации и агломерированию.

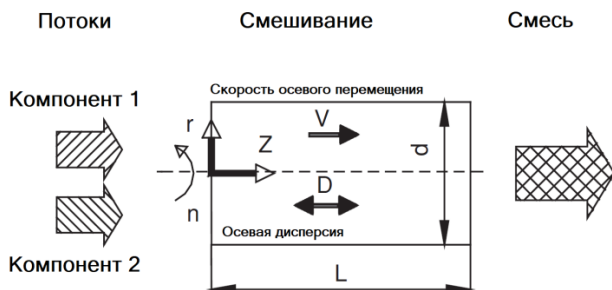


Рис. 1. Формирование потока под действием центробежных сил [2]

Подобных проблем с распределением материала по рабочей области смесителя лишены вибрационные аппараты, принцип действия которых показан на рис. 2. Однако переходные процессы частиц компонентов смеси могут затруднить такие факторы, как разная плотность, размерность и физико-химические свойства материалов, что может ограничить перемещение и, как следствие негативно отразиться на смешивании.

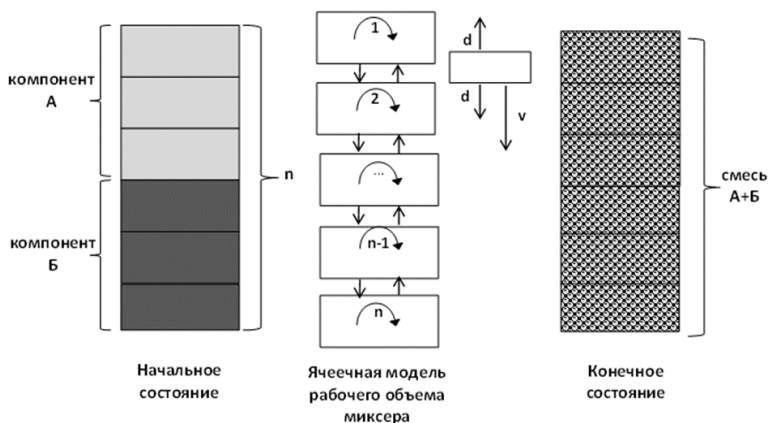


Рис. 2. Формирование потока вибрационным методом [3]

Более контролируемый вариант представляет дозирование и регулировка подачи компонентов (рис. 3), но это критично влияет на скорость процесса. Также трудность представляет подбор дозаторов, их регулировка и сложное конструктивное исполнение.

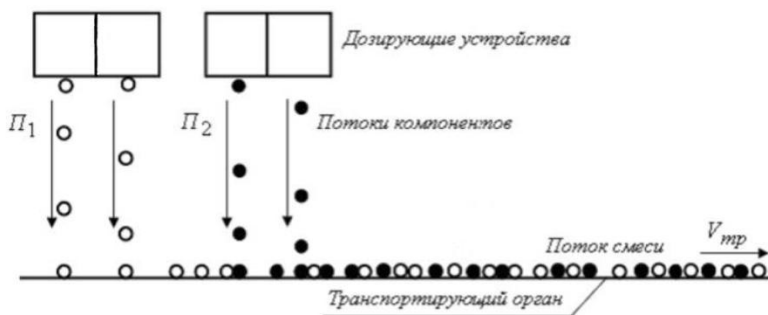


Рис. 3. Формирование потока дозированием [4]

Часто при работе с тонкими слоями потоков компонентов применяют лопастные либо щёточные рассеиватели (рис. 4). Данный способ позволяет произвести подстройку под разный компонентный состав и не слишком сложен в регулировке.

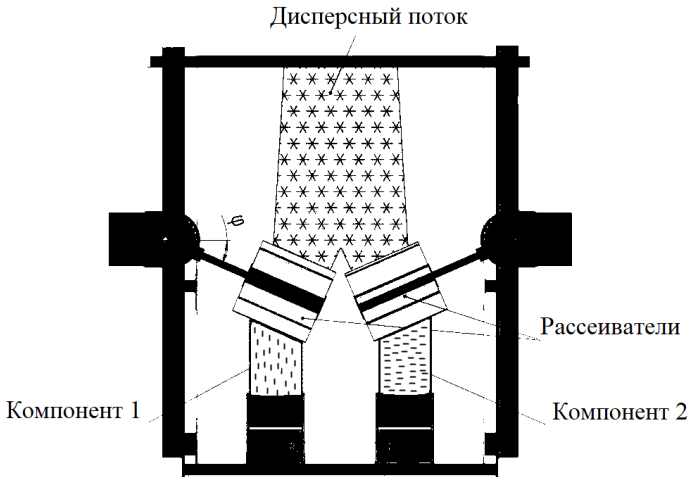


Рис. 4. Формирование потока рассеивателями [5]

Авторы статьи также проводят исследования в области свободного формирования потоков. Так, формирование смеси возможно под действием гравитационных сил при условии подбора угла и высоты подачи (рис. 5).

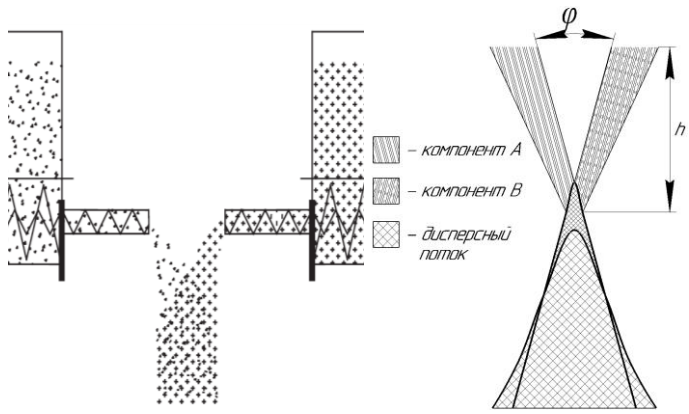


Рис. 5. Свободное формирование потока

Данный способ характеризуется простотой и возможностью адаптации под многие типы аппаратов. Однако стоит отметить, что способ свободного формирования потоков уместно применять лишь в качестве

предварительного этапа смешивания и формирования предварительно движущейся смеси в дисперсном потоке с последующим взаимодействием с какими-либо рабочими органами, доформировывающими конечную смесь. Применение данного метода требует дополнительных исследований, однако точно можно утверждать, что наибольшая эффективность должна достигаться при большой высоте от точки выгрузки до зоны сброса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Paul, Edward L.* Handbook of industrial mixing: science and practice. Blackwell Publishing Ltd, 2004. 1432 p.
2. *Van den Bergh, W.* (1994). Removing the uncertainty in solids mixer selection, Chem. Eng., Dec., 70–77.
3. *Фатахетдинов, А.М.* Совершенствование технологии процесса вибрационного смешивания при производстве сухих строительных смесей / А.М. Фатахетдинов // Дис. ...канд.т ехн. наук. Иваново.: Ивановский государственный политехнический университет, 2021. 126 с.
4. *Васин, В.М.* Способ приготовления однородных смесей сыпучих материалов // Автоматизация и современные технологии. 2003. №3. С .21-24.
5. *Ватагин, А.А.* Совершенствование процессов смешивания сыпучих сред, склонных к сегрегации, в аппаратах с подвижной лентой / А.А. Ватагин // Дис. ...канд. техн. наук. Иваново.: Ивановский государственный политехнический университет, 2022.121 с.
6. Пат. 2692717 Российская Федерация. Смеситель сыпучих материалов / А. Е. Лебедев, А. А. Ватагин, Д. В. Лебедев, И. С. Гуданов – опубл. 26.06.2019. бюл. № 18.

**РЕГРЕССИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
РАБОТЫ КОНИЧЕСКИХ РОТОРНЫХ ДОЗАТОРОВ
ГЕТЕРОГЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ СМЕСЕЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ
НА НОНМИКСЕРАХ**

И.А. Юраскова, А.В. Евсеев

Научный руководитель – **А.В. Евсеев**, д-р техн. наук, доцент

Тульский государственный университет

Рассматривается построение регрессионной математической модели дозирования сыпучих и зернистых материалов роторными коническими питателями в приложении управления качеством готовой смеси и комбинированных материалов.

***Ключевые слова:** смеси, композиты, питатели, регрессионный анализ, математические модели, управление качеством*

**REGRESSION MATHEMATICAL MODEL
OF OPERATION OF CONICAL ROTARY DISPENSERS
OF HETEROGENEOUS COMPONENTS FOR QUALITY
CONTROL OF MIXTURES PRODUCED
ON NONMIXERS**

I.A. Yurascova, A.V. Evseev

Scientific Supervisor – **A.V. Evseev**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Tula State University

The paper examines the construction of regression mathematical model for dosing bulk and granular materials by rotary conical feeders in the application of quality control of finished mixed products and composite materials is considered.

***Key words:** mixtures, composites, feeders, regression analysis, mathematical models, quality control*

При разработке новых конструкций дозаторов, применяемых в различных конструкциях устройств для синтеза гетерогенных композиций, большое значение имеют такие показатели их работы, как точность выдачи микродоз или потоков компонентов и стабильность этой выдачи [1-5]. Эти показатели в наибольшей степени определяют качество получаемых смесевых композиций. Возможность анализа данных параметров наиболее эффективна при обработке экспериментальных данных эксплуатации подобных устройств.

В предыдущих исследованиях [1, 3] был реализован многофакторный эксперимент, проведен анализ результатов исследования загрузки сыпучего материала барабанным шлюзовым питателем.

В данной работе проанализированы результаты экспериментов на опытной установке (рис. 1), построена регрессионная модель (ММ) работы новой конструкции роторных конических питателей (рис. 2), которая в значительной степени позволяет управлять качеством получаемых гетерогенных смесей [5]. Дозирование сыпучих компонентов осуществляется гравитационно по объему в единицу времени.

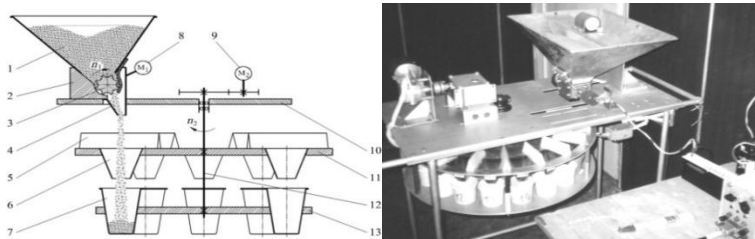


Рис. 1. Опытно-экспериментальная установка:

- 1 – бункер; 2 – корпус питателя; 3 – шлюзовый барабан; 4 – выпускная воронка питателя; 5 – отсекатель пробоотборника; 6 – направляющая воронка;
7 – контейнер для сбора порошка; 8 – привод питателя;
9 – привод пробоотборника; 10 – станина; 11 – карусель отсекателей;
12 – вал пробоотборника; 13 – карусель контейнеров

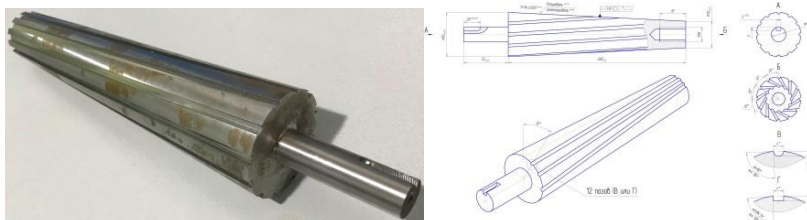


Рис. 2. Роторный конический питатель

Для проведения регрессионного анализа был синтезирован план, матрица планирования, рассмотрены полученные результаты для диоксида кремния SiO_2 .

Анализ предыдущих [1, 3] и проведенного экспериментов показал, что влияние выбранных входных факторов на процессы дозирования сыпучего материала имеет нелинейный характер. В связи с этим в качестве модели были выбраны полиномы, учитывающие взаимодействия факторов: второй степени по первому фактору X_1 , и четвертой степени по второму фактору X_2 .

В результате обработки данных получена следующая модель в виде полиномиальной зависимости производительности роторного конического питателя Y от варьируемых параметров (объем пазов барабана X_1 , окружная скорость барабана X_2 , остальные параметры питателя считали неизменными):

$$Y = 98,14 + 20,05x_1 + 41,02x_2 - 8,341x_1^2 - 59,35x_2^2 - 18,41x_1x_2^2 - 4,562x_2^3 + 15,864x_2^4, \quad (1)$$

По результатам моделирования были построены серии зависимостей выходного фактора — производительности питателя от различного сочетания входных параметров, которые показаны на рис. 3, в виде поверхностей отклика и линий равного уровня.

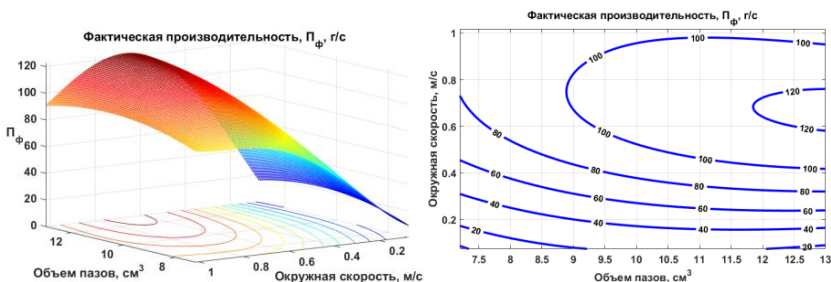


Рис. 3. Зависимости для материала SiO_2

Согласно графикам можно сделать вывод, что зависимость производительности питателя от исследуемых параметров имеет нелинейный характер, и при увеличении окружной скорости производительность сначала возрастает, а затем снижается, причем максимум производительности смещается в сторону увеличения объема пазов.

Таким образом, была получена регрессионная зависимость для определения фактической производительности роторного конического пи-

тателя. Для исследуемого материала оптимальными, обуславливающими высокую производительность питателя, являются следующие интервалы: объем пазов барабана в пределах 19-12 см³, окружная скорость – 0,6-0,9 м/с. Использование дозатора данного типа целесообразно как для линейных, конвейерных, так и для роторных компоновок нонмиксеров [2].

Установлено, что зависимости производительности данных питателей от окружной скорости вращения дозирующего барабана и его рабочего объема являются нелинейными. Полученные зависимости могут быть использованы для определения кинематических параметров процессов дозирования и получения смеси по заданной производительности питателя.

Имея математическую оценку работы питателя по производительности, можно с высокой вероятностью определять и управлять качеством получаемой смесевой и композитной продукции при использовании данных дозирующих устройств в нонмиксерах. Полученные эмпирические и статистические данные позволяют разрабатывать регрессионные математические модели с высоким уровнем сходимости и аппроксимировать их на реальные производственные процессы. Использование полученных данных для некоторых новых критериев оценки и формирования качества конечной продукции позволяет обеспечивать высокую эффективность технологического процесса в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Евсеев, А.В.* Теория и оборудование детерминированного формирования однородности гетерогенных смесей: дис. ... докт. техн. наук: 05.02.13. Тула, 2021. 297 с.
2. *Юраскова, И.А.* Классификация способов приготовления гетерогенных смесей и оборудование для их реализации // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 10. С. 482-485.
3. *Евсеев А.В. и др.* Экспериментальная проверка математической модели детерминированного формирования однородности смеси для алмазного инструмента // Цветные металлы. 2019. №1 (913). С.78-87. DOI:10.17580/tsm.2019.01.12.
4. Патент РФ № 2708780. Роторный питатель для сыпучего материала / А.В. Евсеев. Опубл. 11.12.19. Бюл. №35.
5. Свидетельство № 2023611457. Программа расчёта показателей качества смесей и композитов на основе диаграммы Парето / Евсеев А.В., Юраскова И.А. и др. Дата рег. 19.01.2023. Бюл. № 1.

РАСЧЕТ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НАВЕСА

Н.Е. Сердобольский, Н.А. Краюхин, Н.В. Бадаева

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

Ярославский государственный технический университет

Разработана методика расчета навеса из металлоконструкций для автомобильной стоянки. Выполнен расчет элементов конструкции. Рассмотрены расчетные схемы элементов навеса. Подобраны поперечные сечения прогонов, фермы и стоек конструкции.

Ключевые слова: элементы конструкций, методика расчета, расчетная схема, прогон, ферма, стойка, условие прочности, поперечное сечение.

CALCULATION OF METAL STRUCTURES OF THE CANOPY

N.E. Serdobolsky, N.A. Krayukhin, N.V. Badaeva

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

Yaroslavl State Technical University

A method for calculating a canopy made of metal structures for a parking lot has been developed. The calculation of structural elements is performed. The design schemes of the canopy elements are considered. The cross sections of the girders, trusses and struts of the structure are selected

Keywords: structural elements, calculation method, calculation scheme, girder, truss, rack, strength condition, cross section.

Расчёт металлических конструкций был выполнен для изготовления элементов навеса автомобильной стоянки производственной базы в деревне Кузнечиха Ярославского района Ярославской области.

Данные для расчета:

- 1) размер конструкции в плане 5500x5600 мм;
- 2) высота 3600 мм;

- 3) несущие конструкции (стойки, фермы, прогоны);
- 4) уклон кровли 10° .

Задача расчета – подобрать сечения несущих конструкций (рис. 1).

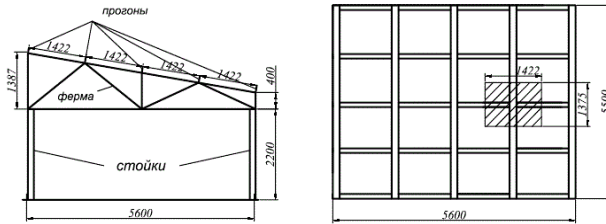


Рис. 1. Схема навеса

Расчет необходимо начать с определения сечения прогона. На прогон будут действовать нагрузки от собственного веса прогона, веса кровли и снеговая. Постоянная нагрузка складывается из веса кровельного материала (профлист НС35х1000х0.5), собственного веса прогона (учитывают как 1 % от полной расчетной нагрузки).

$$q_{пост} = 5,4(\text{кг}/\text{м}^2).$$

Снеговая нагрузка

$$S = \mu \cdot S_g,$$

где μ - коэффициент, зависящий от уклона крыши, при $\alpha < 30^\circ \mu = 1$;

S_g - нормативная снеговая нагрузка [1];

$S_g = 240(\text{кг}/\text{м}^2)$ (Ярославская область, IV зона);

$$S = \mu \cdot S_g = 1 \cdot 240 = 240 (\text{кг}/\text{м}^2).$$

Расчетные нагрузки определяют, умножая нормативные нагрузки на коэффициент надежности по нагрузке, по снеговой нагрузке – 1,4, для металлических конструкций – 1,05.

$$S_p = S \cdot 1,4 = 240 \cdot 1,4 = 336 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^2}\right),$$

$$q_{расч} = q_{пост} \cdot 1,05 = 5,4 \cdot 1,05 = 5,67(\text{кг}/\text{м}^2).$$

Нагрузка на прогон

$$Q_c = u \cdot F = (5,67 + 336) \cdot 1,422 \cdot 1,375 \cdot 1,01 = 674,7 (\text{кг})$$

Интенсивность нагрузки, распределенной по длине прогона

$$q = \frac{Q_c}{L} = \frac{674,7}{1,375} = 490,71 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}}\right) = 4809 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right).$$

В итоге расчета на прочность и жесткость прогона (рис. 2) принимаем швеллер № 5 П по ГОСТ 8240-97.

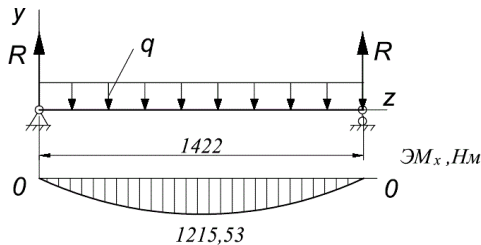


Рис. 2. Расчетная схема прогона

В конструкции навеса используем пять ферм, длина фермы 5,6 метра. Рассчитывают наиболее нагруженную ферму (рис. 3), на которую будут действовать нагрузки от собственного веса прогона, веса кровли, веса фермы и снеговая нагрузка. Полная расчетная нагрузка на погонный метр фермы (интенсивность распределенной нагрузки)

$$q = 240 \cdot 1,375 \cdot 1,4 + \frac{(4,84 \cdot 5 \cdot 1,375 \cdot 1,05)}{5,6} + 5,4 \cdot 1,375 \cdot 1,05$$

$$= 462 + 6,24 + 7,8 = 476,04 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}} \right).$$

Полная нагрузка

$$Q = 476,04 \cdot 5,6 \cdot 1,01 = 2672,02(\text{кг}) = 26386(\text{Н}).$$

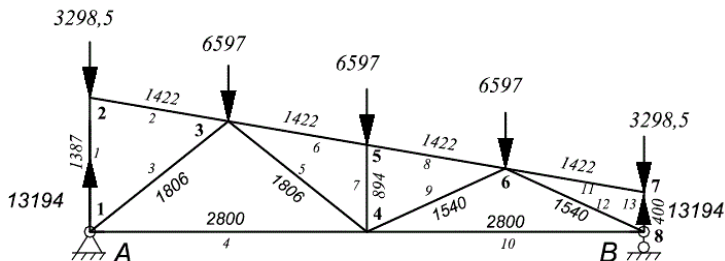


Рис. 3. Расчетная схема фермы

Конечной целью расчета фермы является определение усилий в ее стержнях. По этим усилиям подбирают сечения элементов фермы. Расчет фермы начинают с определения реакций в опорах.

$$\sum M_A = 0,$$

$$R_B \cdot 5,6 - 3298,5 \cdot 5,6 - 6597 \cdot 4,2 - 6597 \cdot 2,8 - 6597 \cdot 1,4 = 0,$$

$$R_B = \frac{3298,5 \cdot 5,6 + 6597 \cdot 8,4}{5,6} = 13194 \text{ Н.}$$

$$\sum Y = 0, R_A - 3298,5 - 6597 - 6597 - 6597 - 3298,5 + R_B = 0.$$

$$R_A = 13194 \text{ Н.}$$

Для определения усилий в стержнях фермы используют способ вырезания узлов. Начинают расчет от узла, в котором меньше всего неизвестных сил.

Рассмотрим равновесие второго узла (рис. 4)

$$\sum Y = 0, N_1 = 3298,5 \text{ Н}$$

$$\sum X = 0, N_2 = 0 \text{ Н}$$

Из равновесия 1 узла (рис. 4)

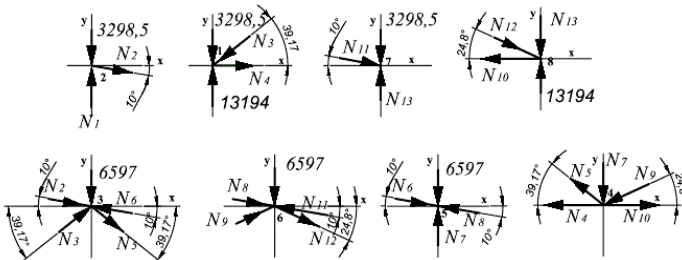
$$\sum Y = 0, -3298,5 + 13194 - N_3 \sin 39,18^\circ = 0, N_3 = 15664,2 \text{ Н}$$

$$\sum X = 0, N_4 - N_3 \cos 39,18^\circ = 0, N_4 = 12142,3 \text{ Н}$$

Из равновесия 7 узла (рис. 4)

$$\sum X = 0, N_{11} = 0,$$

$$\sum Y = 0, -3298,5 + N_{13} = 0, N_{13} = 3298,5 \text{ Н.}$$



Из равновесия 3 узла (рис. 4)

$$\sum Y = 0, -6597 - N_5 \cos 50,83^\circ + N_6 \sin 10^\circ + N_3 \sin 39,17^\circ = 0 \quad N_5 = 10780,6 \text{ Н,}$$

$$\sum X = 0, -N_6 \cos 10^\circ + N_5 \sin 50,83^\circ + N_3 \cos 39,17^\circ = 0,$$

$$N_6 = 20871,0 \text{ Н}$$

Из равновесия 6 узла (рис. 4)

$$\sum Y = 0, -6597 - N_8 \sin 10^\circ + N_{12} \sin 24,8^\circ + N_9 \sin 24,8^\circ = 0 \quad N_9 = 830,5 \text{ Н,}$$

$$\sum X = 0, -N_{12} \cos 24,8^\circ + N_9 \cos 24,8^\circ + N_8 \cos 10^\circ = 0, \quad N_8 = 20870,7 \text{ Н}$$

Из равновесия 5 узла (рис.4)

$$\sum Y = 0, N_7 = 6597,0 \text{ Н,}$$

$$\sum X = 0, N_6 = N_8.$$

Рассмотрим равновесие 4 узла для проверки расчета (рис.4)

$$\sum Y = 0, -N_7 + N_9 \sin 24,8^\circ + N_5 \sin 39,18^\circ = 0, \quad 0 = 0,$$

$$\sum X = 0, -N_9 \cos 24,8^\circ + N_{10} - N_4 - N_5 \cos 39,18^\circ = 0, \quad 0 = 0.$$

Результаты расчета фермы сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты расчета

Номер стержня	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сила, Н	3299	0	15664	12142	10781	20871	6597	20871	831	21416	0	23592	3299
Сжат, растянут	с		с	р	р	с	с	с	р	р		с	с
Длина, мм	1387		1806	2800	1806	1422	894	1422	1540	2800		1540	400

При расчете элементов фермы учитывают не фактическую длину элементов, а расчетную [2], намечают тип сечения. Предельное состояние сжатых стержней определяется их устойчивостью. Подбирая тип сечения необходимо обеспечить равноустойчивость стержня относительно глав-

ных осей сечения, традиционно применяют тавровое сечение стержней ферм, собранное из двух уголков.

Для расчета сжатых стержней используют условие

$$\sigma_{max} = \frac{N_{max}}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad A \geq \frac{N_{max}}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c}.$$

Для расчета растянутых стержней используют условие

$$\sigma_{max} = \frac{N_{max}}{A} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad A \geq \frac{N_{max}}{R_y \cdot \gamma_c}.$$

При подборе сечения используют последовательность итераций: задаются гибкостью стержня λ ; по гибкости определяют коэффициент продольного изгиба φ ; рассчитывают площадь поперечного сечения $A = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c}$; подбирают уголок; для выбранного сечения определяют

гибкость и сравнивают ее с предельной гибкостью $\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} \leq [\lambda]$, где пре-

дельная гибкость $[\lambda] = 180 - 60 \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c}$. По большей гибкости уточняют

φ и проверяют условие $\sigma = \frac{N_{max}}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c$. Как только условие выполняется, процесс подбора сечения закончен. Для элементов фермы подобраны одинаковые поперечные сечения, два равнопрочных уголка 40*40*3.

Последним подбирают сечение стоек. На стойку будут действовать нагрузки от собственного веса стойки, веса прогона, веса кровли, веса фермы и снеговая нагрузка.

Полная нагрузка на стойку

$$Q = \left(\frac{240 \cdot 1,375 \cdot 1,4 \cdot 5,6 + 4,84 \cdot 5 \cdot 1,375 \cdot 1,05}{2} + \frac{5,4 \cdot 1,375 \cdot 1,05 \cdot 5,6 + 20,661 \cdot 2,32 \cdot 2}{2} \right) \cdot 1,03 = 1375(\text{кз}) = 13476(\text{Н})$$

Для расчета стойки используют условие

$$\sigma_{max} = \frac{N_{max}}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad A \geq \frac{N_{max}}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c}.$$

Гибкость стойки должна быть больше предельной

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} \leq [\lambda].$$

Из расчета на устойчивость принимаем сечение профильной трубы 40x40 и толщиной стенки 2 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия / Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2003. 44 с.
- 2.СНиП II-23-81*. Стальные конструкции / Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2000. 96 с.

ДИСКОВЫЙ ЗАТВОР: ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ

Р.А. Калимулин, П.В. Ермакин

Научные руководители – **Е.Р. Новиков**, канд. техн. наук, доцент,
Н.Н. Маурин, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Выделена проблема предотвращения кавитационных эффектов в процессе регулирования расхода жидких сред. Описаны конструктивные особенности решения регулирования потоков жидкости в дисковом затворе.

Ключевые слова: кавитация, конструкция, затвор, регулирование потоков, корпус, ламель

BUTTERFLY VALVE: DEVELOPMENT FEATURES

R.A. Kalimulin, P.V. Ermakin

Scientific Supervisors - **E.R. Novikov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
N N. Maurin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The problem of preventing cavitation effects in the process of regulating the flow of liquid media is singled out. The design features of the solution for regulating fluid flows in a butterfly valve are described.

Keywords: cavitation, construction, shutter, flow control, body, lamella

Дисковые затворы относят к арматуростроению, применяемым в трубопроводной арматуре для регулирования и перекрытия рабочих сред газов и жидкостей. Известно достаточное количество запатентованных вариантов конструкции дисковых затворов. В процессе анализа различных конструкций затворов данного типа было установлено, что есть один, но очень негативный недостаток: возникновение кавитации [1, 2] в процессе регулирования расхода рабочей среды [3, 4]. Поэтому создание дискового затвора относительно простой конструкции и имеющего относительно невысокую кавитацию является актуальной проблемой.

Такая конструкция дискового затвора была предложена [4] Решение уменьшения кавитационных эффектов достигается тем, что в конструкции дискового затвора, содержащего: входной и выходной фланцы, корпус, имеющий седло с уплотнительной поверхностью, вал. На валу установлен диск при помощи шпоночного соединения. На диске размечена ламель, внешняя грань которой имеет конусную поверхность. Вал расположен в корпусе на подшипниковых втулках, перпендикулярно оси симметрии проходного отверстия со смещением относительно указанной оси. Также в конструкцию включен сальник, установленный в специальной крышке. Для приведения в движение процесса регулирования потока жидкости или газа (поворот вала с диском) имеется привод.

Для предотвращения кавитации на большой боковой поверхности диска, отсекаемой осью вала, со стороны входного фланца, размещены по части дуги окружности криволинейные стержни, загнутые в сторону входного фланца. На меньшей боковой поверхности диска также на части дуги окружности тоже расположены криволинейные стержни, загнутые в сторону выходного фланца.

Данный дисковый затвор функционирует следующим образом.

В полностью открытом положении плоскость диска параллельна продольному сечению трубопровода. Жидкость свободно протекает через затвор.

Закрытие осуществляют при помощи привода, вращение которого передают на вал с диском, в полностью закрытом положении плоскость диска перпендикулярна потоку рабочей среды трубопровода. Боковая поверхность диска касается поверхности седла корпуса. Наличие ламели с конусной поверхностью на внешней грани позволяет обеспечить герметичность данного затвора в закрытом положении.

В процессе открытия данного затвора (из-за поворота диска от привода) поток рабочей среды направляется через образованные отверстия между диском и седлом.

Для предотвращения кавитации при открытии затвора (когда скорости течения жидкости максимальны, а давление может опуститься до давления насыщенного пара, что и способствует возникновению кавитационного процесса) на большой боковой поверхности диска размещенные криволинейные стержни взаимодействуют с потоком, разделяют его на отдельные струи. При этом происходит диссипация энергии потока и снижается градиент давления. Поэтому явление кавитации становится маловероятным.

Загиб криволинейных стержней в сторону входного фланца позволяет диску свободно поворачиваться в любом направлении, не задевая седло и другие внутренние части затвора, кроме того, криволинейная форма стержней наиболее эффективна при разделении потока на отдель-

ные струи и не значительно влияет на повышение гидравлического сопротивления в открытом положении.

Подобным образом (разделением потока на отдельные струи) было предложено решение по уменьшению кавитации и турбулентности в прямооточном клапане [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kapranova, A.B.* Calculation of hydraulic resistance in the separator of the direct-flow control valve with a rotary lock / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, A.M. Melzer // E3s Web of Conference. 2020. Vol. 220, 01073. Published online 16 December 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202022001073
2. *Kapranova, A.B.* The Applying of the Formalism of Cyber-Physical Systems in the Description of Hydrodynamic Cavitation in a Direct-Flow Valve / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, A.M. Melzer, S.V. Neklyudov, A.S. Brykalov // In monograph: Cyber-Physical Systems: Modelling and Intelligent Control. Studies in Systems, Decision and Control / eds. A. Kravets, A. Bolshakov, M. Shcherbakov. Vol. 338. Springer, Cham, 2021. P. 295-308. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-66077-2_24
3. *Kapranova, A.B.* Engineering Method for Calculating of an Axial Valve Separator With an External Location of the Locking Part / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, S.V. Neklyudov, A.M. Melzer // Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems. March 2020, Vol. 8, article 32 (pp. 1-17). DOI: 10.3389/fenrg.2020.00032
4. Пат. 2770335 Российская Федерация, Дисковый затвор / С.А. Зайцев, Д.О. Федоров, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, И.С. Гуданов, В. А. Рябцев, К. С. Шлыков, Д.А. Крутилов, И.П. Королев, Е.В. Овенченкова, А.С. Качалов. Оpubл. 15.02.2022 . Бюл. № .
5. Пат. 2645103 Российская Федерация, Прямоточный клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, Д.В. Воронин, С.В. Неклюдов, Е.М. Серов. Оpubл. 15.02.2018. Бюл. № 5.

ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ

И.А. Воробьев, И.С. Шеронина

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

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрен порядок расчета деталей машин на выносливость. Проанализированы особенности влияния различных факторов на выносливость, таких как концентрация напряжений, размеры детали, состояние обработки ее поверхности. Определен порядок определения коэффициента запаса прочности по нормальным и касательным напряжениям, а также при сложном сопротивлении.

***Ключевые слова:** усталостные разрушения, коэффициент запаса циклической прочности, переменные нагрузки, предел выносливости, эффективный коэффициент концентрации напряжений*

FEATURES OF PRACTICAL CALCULATION OF MACHINES FOR CYCLE STRENGTH

I.A. Vorobyov, I.S. Sheronina

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

Yaroslavl State Technical University

The procedure for calculating the endurance parts of machines. The features of the effect of various factors on the endurance performance, such as stress concentration, the size of the part, the state of processing its surface, are analyzed. The procedure for determining the coefficient of safety margin by normal and tangential stresses, as well as by complex resistance is determined.

***Keywords:** fatigue failure, safety factor of cyclic strength, variable loads, fatigue limit, effective stress concentration factor*

Многие детали машин в процессе работы испытывают напряжения, циклически изменяющиеся во времени.

Опыты показывают, [1] что при переменных напряжениях после некоторого числа циклов может наступить разрушение детали, в то время как при таких же постоянных напряжениях разрушение не происходит. Причем при переменных напряжениях разрушение происходит при значениях σ_{max} меньше предела прочности σ_b , а иногда даже меньше предела текучести σ_m для данного материала. Кроме того, замечено, что на поверхности излома детали можно явно увидеть две зоны, в одной – поверхность матовая и видны кристаллы, в другой – поверхность сглажена. Возникает впечатление, что разрушение связано с изменениями в кристаллической структуре материала. Однако, в настоящее время установлено [1], что причиной разрушения при циклически изменяющихся напряжениях является образование в материале трещин. Дело в том, что в результате действия периодических, особенно, знакопеременных напряжений, возникает процесс накопления необратимых механических повреждений, вызванных многократно повторяющейся прямой и обратной пластической деформацией в наиболее слабых плоскостях, наименее удачно расположенных кристаллах. В результате этого процесса, находящиеся в материале микротрещины растут, соединяются между собой, увеличиваются до таких размеров, при которых возможно возможное разрушение детали в ослабленном сечении. Физические основы усталостного разрушения в результате образования трещин сложны и до настоящего времени мало изучены, что не позволяет на их базе создать надежные методы расчета на выносливую прочность. В связи с вышеизложенным при разработке практических методов расчетов на выносливость приходится сохраняя понятия механики сплошной среды, идти по пути накопления экспериментальных данных, на основании которых можно разработать правила как методику расчета. Для успешного проведения таких расчетов в дополнение к уже известным механическим характеристикам материалов: пределам прочности σ_a и текучести σ_m необходимо добавить новые, связанные со спецификой циклического нагружения. К такой характеристике, прежде всего, относится предел выносливости σ_R , который для каждого материала определяются экспериментальным путем, на специальных машинах. Испытания на выносливость проводятся в условиях симметричного цикла на специально изготовленных образцах строго цилиндрической формы с полированной поверхностью. Если реальный цикл нагружения детали отличается от симметричного, то он может быть представлен как результат наложения постоянного напряжения, равного $\sigma_T = \frac{\sigma_{Tmax} + \sigma_{Tmin}}{2}$ и напряжения циклически изменяющегося по симметричному циклу с амплитудой $\sigma_a = \frac{\sigma_{Tmax} - \sigma_{Tmin}}{2}$. Отсюда следует ожидать, что усталостное разрушение определяется только наибольшим σ_{Tmax} и наименьшим σ_{Tmin} значением напряжения и не

зависит от закона его изменения внутри цикла. Таким образом, для оценки усталостного разрушения в условиях заданного цикла достаточно знать только величину напряжений σ_T и σ_α . После определения указанных выше величин напряжений, может показаться, что можно приступить к проведению практических расчетов проектируемой детали на выносливость. Такой расчет, обычно начинается с выбора размеров и формы детали, которые определяются исходя из выполнения требований по пределу прочности σ_σ и пределу текучести σ_T , обеспечивая необходимый запас прочности $n_B = \frac{\sigma_\sigma}{\sigma_{\text{таx}}}$ и текучести $n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\text{таx}}}$. Однако, предел выносливости реальной детали, отличается от предела выносливости стандартного образца, изготовленного из того же материала и зависит от многих факторов, основными из которых являются: концентрация напряжений, размеры детали и качество обработки ее поверхности. Наличие указанных факторов снижает предел выносливости реальной детали, что естественно, необходимо учитывать при расчетах. Снижение предела выносливости детали в результате наличия указанных факторов учитывается специальными коэффициентами, для определения величины которых используются различные таблицы, графики, имеющиеся в справочной литературе. К ним относятся:

$k_\sigma(k_T)$ – эффективный коэффициент концентраций напряжений;

$\varepsilon_\sigma(\varepsilon_T)$ – масштабный коэффициент;

$\beta_\sigma(\beta_T)$ – коэффициента качества обработки поверхности.

В качестве примера на рис. 1 показан типичный график для определения эффективного коэффициента концентрации напряжений k_σ для стального ступенчатого стержня при растяжении и сжатии. Кривые 1,2,3 даны для сталей с пределами прочности $\sigma_{\text{вр}} = 400 \text{ МПа}$, 800 МПа , 1200 МПа . Аналогичные графики имеются и для вычисления других коэффициентов.

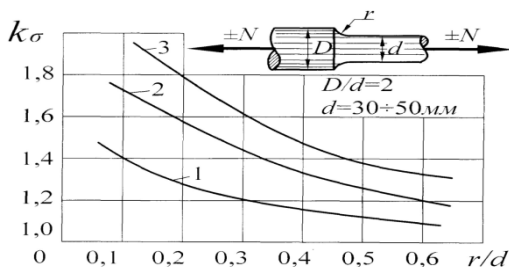


Рис. 1

В большинстве случаев, расчеты на прочность при переменных напряжениях выполняются как проверочные, целью которых является

определение фактического коэффициента запаса прочности «n» для опасного сечения проектируемой детали и его сравнение с допускаемым [n]. В общем случае, требуемый запас прочности достаточно иметь равным 1,4 - 2, в особых случаях он может достигать 3 и более [2]. Для деталей, работающих на изгиб при симметричном цикле изменения напряжений коэффициент запаса прочности определяется из выражения:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{k_{\sigma_d} \cdot \sigma_{max}}$$

Аналогичные коэффициенты при растяжении:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1p}}{k_{\sigma_d} \cdot \sigma_{max}},$$

$$\text{кручении: } n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{k_{\tau_d} \cdot \tau_{max}},$$

где $\sigma_{-1}, \sigma_{-1p}, \tau_{-1}$ – предел выносливости образца,

$k_{\sigma_d} = \frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma} \cdot \beta_{\sigma}}, k_{\tau_d} = \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau} \cdot \beta_{\tau}}$ – общие коэффициенты снижения пределов выносливости при симметричных циклах, учитывающие влияние трех перечисленных выше факторов.

При определении коэффициента запаса прочности должен быть известен предел выносливости стандартного образца σ_R полученный при цикле напряжений, подобных рабочему циклу, при котором работает деталь.

Величина σ_R определяется из диаграммы предельных амплитуд рис. 2.

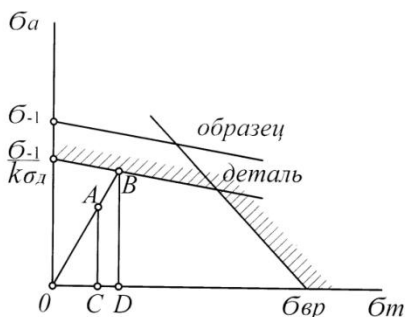


Рис. 2

При несимметричных циклах нагружения, предполагая, что рабочий и предельный циклы нагружений проектируемой детали подобны аналогичные коэффициенты запаса прочности определяются по следующим формулам:

$$\text{при изгибе } n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{k_{\sigma_{\delta}} \cdot \sigma_{\alpha} + \Psi_{\sigma} \sigma_m};$$

$$\text{при сжатии } n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1p}}{k_{\sigma_{\delta}} \cdot \sigma_{\alpha} + \Psi_{\sigma} \sigma_m};$$

$$\text{при кручении } n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{k_{\tau_{\delta}} \cdot \tau_{\alpha} + \Psi_{\tau} \tau_m}.$$

Значения коэффициентов Ψ_{σ} и Ψ_{τ} приведены в специальных таблицах [2].

При расчетах бруса на сложное сопротивление (совместное действие изгиба с кручением и т. д.), когда в опасной точке возникает плоское напряженное состояние (в сечении, возникают нормальные и касательные напряжения), коэффициенты запаса прочности определяются из общепринятого выражения (формулы Гафа и Полларда):

$$\frac{1}{n_R^2} = \frac{1}{n_{\sigma}^2} + \frac{1}{n_{\tau}^2}$$

или

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Феодосьев, В.И.* Сопротивление материалов: учебник для вузов. 10-е изд, перераб. М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. С. 512.
2. *Любошиц, М.И.* Справочник по сопротивлению материалов / М.И. Любошиц, Г.М. Ицкович. Изд. 2-е, исправл. и дополн. Минск.: Высшая школа, 1969. 464.

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ
ГЛУБИНЫ ПОГРУЖЕНИЯ РАБОЧЕЙ КОРЗИНЫ
БИСЕРНОЙ МЕЛЬНИЦЫ**

**Ю.А. Шаброва, Е.С. Волков, А.В. Ермолов,
С.Л. Мазуровский**

Научные руководители – **А. В. Ермолов**, старший преподаватель,
С.Л. Мазуровский, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается конструкция механизма регулирования глубины погружения корзины бисерной мельницы, выполненная на основе винтового механизма.

***Ключевые слова:** бисерная мельница, диспергирование, винтовой механизм, регулирование, глубина погружения*

**DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR REGULATION
OF THE DEPTH OF IMMERSION OF THE WORKING
BASKET OF A BEAD MILL**

**Yu. A. Shabrova, E. S. Volkov, A. V. Ermolov,
S. L. Mazurovsky**

Scientific Supervisors - **A. V. Ermolov**, Senior Lecturer,
S. L. Mazurovsky, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The design of the mechanism for regulating the immersion depth of the bead mill basket, made on the basis of a screw mechanism, is considered.

***Keywords:** bead mill, dispersion, screw mechanism, regulation, immersion depth*

Применение бисерных мельниц актуально для многих отраслей народного хозяйства, в частности, строительной индустрии, медицин-

ском оборудовании, пищевом блоке, химической промышленности [1-3]. В лакокрасочной промышленности нашли широкое распространение бисерные мельницы, предназначенные для диспергирования лакокрасочных материалов. В ЯГТУ разработана конструкция бисерной мельницы погружного типа. Схема рабочей корзины мельницы показана на рис. 1.

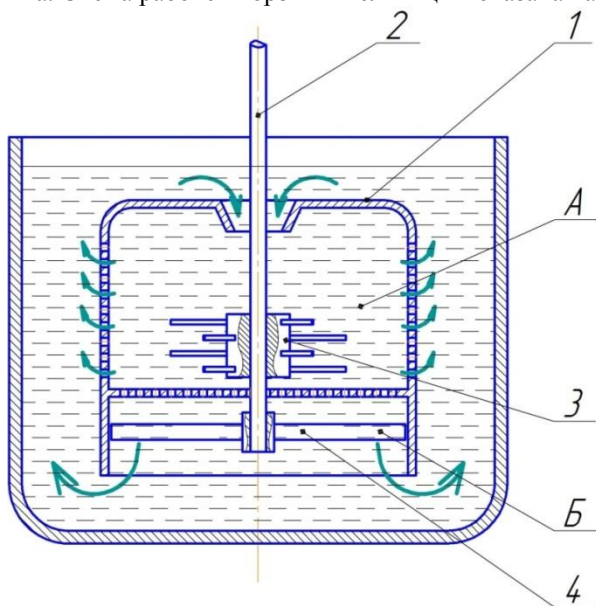


Рис. 1. Схема рабочей корзины бисерной мельницы

Корпус корзины включает в себя два отсека. В отсеке А (рис. 1) находится бисер, предназначенный для измельчения компонентов и интенсификации смешивания их с растворителями и лаками. Ротор 3 с лопастями, закрепленный на вращающемся валу 1, перемешивает компоненты смеси и бисер в отсеке. Полученная смесь сквозь тонкие отверстия выходит через боковые стенки в емкость, в которую погружена корзина, а также перетекает в отсек Б, в котором вращается лопастной вентилятор 4. Лопасти вентилятора ускоряют движение потока, что повышает интенсивность диспергирования. Направления движения потоков материала на схеме показаны стрелками. Затем из емкости материал снова попадает внутрь корзины и процесс повторяется.

Исследованиями установлено, что на процесс диспергирования влияет глубина погружения корзины в емкость, поэтому возникла необ-

ходимость разработки механизма регулирования уровня погружения рабочей корзины. Схема конструкции представлена на рис. 2.

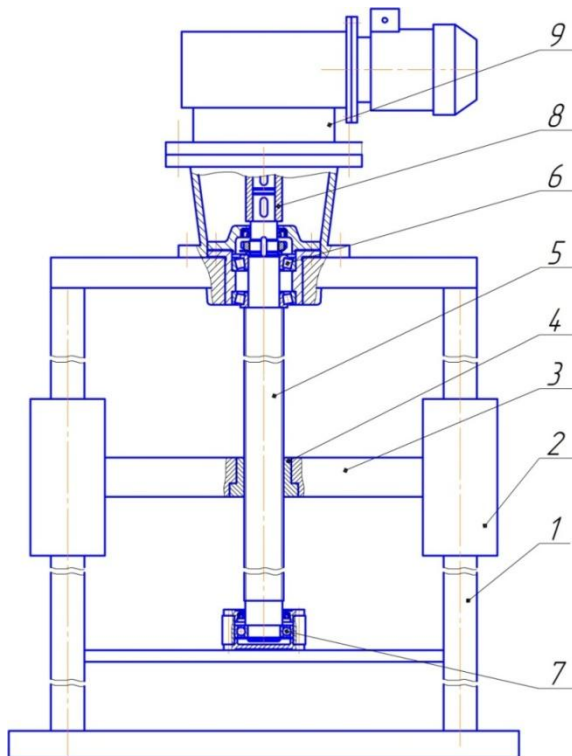


Рис. 2. Конструкция механизма регулирования

Устройство спроектировано на основе винтового механизма, основными преимуществами которого являются плавность работы, высокая грузоподъемность, относительная простота конструкции. Главным аргументом в пользу выбора данного варианта явилась возможность самоторможения механизма, т.е. фиксирование перемещаемого предмета в нужном положении без применения дополнительных тормозных механизмов [4].

Мельница крепится к двум кареткам 2, движущимся по вертикальным стойкам 1 (на схеме мельница не показана). В поперечину 3, закрепленную на каретках запрессована бронзовая гайка. Движение гайки, и, соответственно, кареток, осуществляется при помощи ходового винта 5 с

трапецидальной резьбой. Винт закреплен в двух опорах, расположенных на раме. Верхняя опора – фиксирующая, удерживает винт и в вертикальной, и в горизонтальной плоскости. В состав входят два роликовых конических подшипника, установленных «врастяжку». Нижняя опора – поддерживающая, фиксирует винт только в горизонтальном направлении. В ее конструкции используется шариковый радиальный подшипник [5]. Устройство приводится в действие при помощи червячного мотор-редуктора 9. Выходной вал редуктора соединяется с винтом посредством втулочной муфты 8.

Таким образом, при вращении винта против часовой стрелки, каретки с закрепленной на них мельницей опускаются вниз и рабочая корзина мельницы погружается в емкость. При выключении двигателя мотор-редуктора винт останавливается, и мельница остается в нужном положении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Joost, B.* Einfluss vor Mahlköper Eigenschaften auf die Zerkleinerung in Rührwerkskugelmöhlen / B. Joost, J. Schwedes // Chem. Ing. Techn. 1996. Jhrg. 68, № 7. S. 809-812.
2. *Козловский, В.И.* Определение границы разделения материала в динамическом сепараторе горизонтальной бисерной мельницы / В.И. Козловский, П.Е. Вайтехович // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 6. Техника. Т. 8, № 2, 2018. С. 99-106.
3. Пат. 2708050 Российская Федерация, Установка для смешивания и диспергирования различных компонентов в жидких средах / А.Ю. Ковшов, А.Н. Тимофеев, М.В. Рогов. Опубл. 03.12.2019. Бюл. № 34.
4. *Бельков, В.Н.* Основы расчета и конструирования винтовых механизмов: учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. 160 с.
5. *Дунаев, П.Ф.* Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. 9-е изд., М.: Высш. шк., 2001. 447 с.

ЦЕНТРОБЕЖНО-УДАРНАЯ МЕЛЬНИЦА

П.Е. Бакланов., А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Данная статья посвящена описанию конструкционных особенностей и принципа действия новой центробежно-ударной мельницы.

Ключевые слова: мельница, измельчитель, центробежно-ударная мельница, измельчение

CENTRIFUGAL IMPACT MILL

P.E. Baklanov, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev** Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

This article is devoted to the description of the design features and the principle of operation of the new centrifugal impact mill.

Keywords: mill, shredder, centrifugal impact mill, grinding

Центробежно-ударные мельницы являются одними из наиболее эффективных машин для тонкого измельчения.

Конструкции центробежно-ударных мельниц принципиально похожи и имеют следующие части: бункер с устройством загрузки - 1, в который подается материал для измельчения, разгонное устройство - 4, состоящее из горизонтально расположенных дисков между которых установлены лопатки - 5, отбойные элементы - 7, представляющие из себя пластины. Все эти элементы заключены в цилиндрический корпус - 3, в котором имеется патрубок для вывода измельченного материала - 2. Измельченный материал направляется к выводящему патрубку с помощью направляющих лопастей - 9, расположенных внизу цилиндрического корпуса. Разгонное устройство с лопатками и

направляющие лопасти приводятся в движение с помощью электромотора - 6.

Принцип действия рассматриваемой центробежно-ударной мельницы (рис. 1 и 2): материал для измельчения через патрубок - 1 подается в разгонный ротор – 4. В результате вращения ротора материал разгоняется и при достижении необходимой скорости срывается с лопаток - 5 в направлении отбойных элементов. В результате соударения с более твердыми относительно материала пластинами материал разрушается, теряя скорость, и падают вниз к направляющим лопастям - 9, и в последствии в выводящий патрубок - 2.

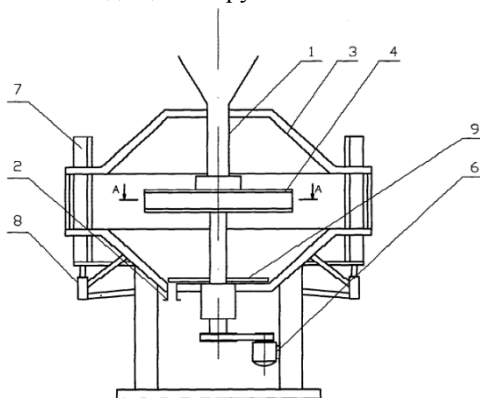


Рис. 1. Схема центробежно-ударной мельницы

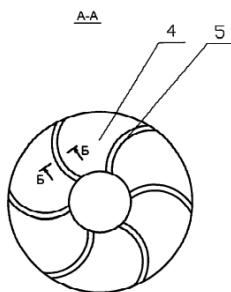


Рис. 2 . Разгонный ротор

Особенности данной мельницы: в данной мельнице есть два принципиальных отличия от других мельниц. Первое отличие – отбойные элементы оснащены механизмом для вертикального перемещения относительно стенок корпуса, это сделано с целью

увеличения временного промежутка между ремонтами, следовательно, более долгой бесперебойной работе. При износе рабочего участка отбойных пластин их перемещают вверх, вводя в работу новый неизношенный участок. Второе отличие – форма разгонных лопаток. Разгонные лопатки принимают на себя не меньшие нагрузки и так же подвержены повышенному износу, для его уменьшения важна оптимальная форма лопаток (рис. 3). Предложенная криволинейная форма лопаток уменьшает износ, что так же увеличивает продолжительность непрерывной работы между ремонтами.

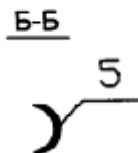


Рис. 3. Форма лопасти в поперечном сечении

Описанная конструкция центробежно-ударной мельницы позволяет получать тонкий помол твердых материалов, в том числе абразивных. Использование в конструкции лопастей специальной формы позволяет обеспечить распределение материала по всей высоте лопасти, что обеспечивает снижение интенсивности износа рабочих органов мельницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Пат. 2471560 Российская Федерация. Центробежно-ударная мельница / А.И. Зайцев, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.С. Суханов, опубл. 10.01.13.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ СМЕШЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Д.Е. Голубев, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов

Научные руководители – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор;
И.С. Гуданов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Предлагаемое изобретение предназначено для применения в химической промышленности, агропромышленном комплексе, производстве строительных материалов и других отраслях промышленности.

***Ключевые слова:** устройство для гранулирования, смеситель, устройство для смешения, сыпучие материалы, перемешивающее устройство*

DEVICE FOR MIXING BULK MATERIALS

D.E. Golubev, A.E. Lebedev, I. S. Gudanov

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Professor;

I.S. Gudanov Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The present invention is intended for use in the chemical industry, the agro-industrial complex, the production of building materials and other industries.

***Keywords:** device for granulating, mixer, device for mixing, bulk materials, mixing device*

Предлагаемое устройство предназначено для применения в химической промышленности, производстве строительных материалов и других отраслях промышленности. Анализ конструкций устройств для смешения показал, что в настоящее время отсутствуют аппараты, позволяющие получить качественные смеси, склонных к сегрегации материалов

На рис. 1 изображено разработанное устройство для смешения сыпучих материалов.

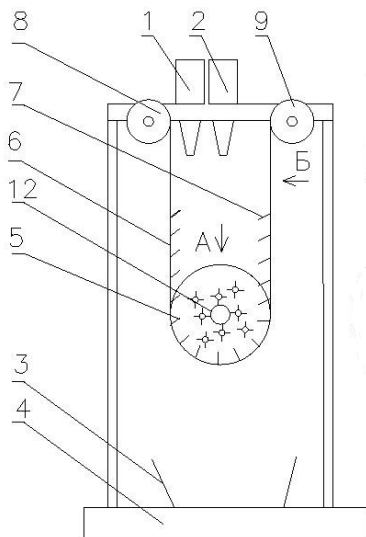


Рис. 1. Устройство для смешения сыпучих материалов

На рис. 2 показано расположение перемешивающих устройств в виде стержней с радиальными эластичными элементами.

Устройство для смешения сыпучих материалов содержит устройства загрузки смешиваемых компонентов 1 и 2, устройство выгрузки 3, раму 4, на которой установлена емкость, образованная закрепленными на валу 12 дисками 5 и охватывающей их лентой 6. На поверхности ленты размещены лопасти 7. Оба конца ленты 6 прикреплены к поверхностям приводных барабанов 8 и 9, установленных в верхней части корпуса. На дисках 5 кольцевыми рядами размещены перемешивающие устройства в виде стержней 10 с радиальными эластичными элементами 11 на поверхности. Для выгрузки смеси в ленте выполнено окно 13.

Устройство работает следующим образом.

Подлежащие смешению сыпучие материалы поступают из устройства загрузки 1 и 2 в емкость, образованную закрепленными на валу дисками 5 и охватывающей их лентой 6. Оба конца ленты прикреплены к поверхностям приводных барабанов, при вращении которых происходит поворот и вертикальное перемещение емкости, а находящиеся в ней компоненты при этом перемешиваются. Угловая

скорость барабанов и направление их вращения выбирается в зависимости от типов смешиваемых веществ. Высота подъема емкости ограничивается размерами корпуса.

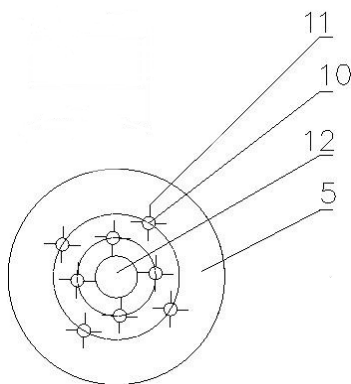


Рис. 2. Расположение перемешивающих устройств в виде стержней с радиальными эластичными элементами

С целью интенсификации процесса смешения на поверхности ленты размещены лопасти 7, а на дисках кольцевыми рядами размещены перемешивающие устройства в виде стержней 10 с радиальными эластичными элементами на поверхности 11. Лопасти 7 и стержни 10 с радиальными эластичными элементами на поверхности 11 взаимодействуют со смешиваемыми материалами, причем направление и интенсивность этого воздействия постоянно изменяется при повороте емкости. Выгрузка смеси происходит при опускании емкости в нижнее положение через окно 13, выполненное в ленте.

Предлагаемое устройство для смешения сыпучих материалов имеет достаточно простую конструкцию и способно получать однородные смеси компонентов, склонных к слипанию, агломерированию, а также влажных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 2627421 Российская Федерация. Смеситель. / Лебедев А.Е., Капранова А.Б., Суид Сафуан; опубл. 08.08.2017.

АГРЕГАТ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ

А.Е. Лебедев, Т.М. Гусева

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

В статье предложена конструкция аппарата периодического действия для получения стойких эмульсий.

***Ключевые слова:** эмульсия, аппарат периодического действия, отражатель, ребра, жидкость, распыл жидкостей*

BATCH UNIT FOR THE PRODUCTION OF EMULSIONS

A.E. Lebedev, T.M. Guseva

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The article proposes the design of a periodic device for obtaining resistant emulsions.

***Keywords:** emulsion, batch device, reflector, fins, liquid, liquid spraying*

Эмульсии используют во многих отраслях промышленности такие как химическая, нефтеперерабатывающая, пищевая, косметическая, фармацевтическая и т.д. Совершенствование и разработка новых аппаратов для их производства является актуальной темой.

Предлагаемый агрегат содержит устройства загрузки и выгрузки, вертикальный цилиндрический корпус с крышкой, вал с размещенными на нем диском и конической насадкой, в которой на внутренней поверхности расположены ребра. Внутри конической насадки располагается отражатель, который состоит из набора горизонтальных колец. Расстояние между горизонтальными кольцами возрастает пропорционально уменьшению объемной плотности потока по его сечению. Внизу корпуса

расположена емкость для сбора готовой эмульсии, которая снабжена насосом и соединена с приемной камерой трубопроводом.

Теперь рассмотрим более подробно устройство агрегата (рис. 1). Он содержит корпус 1, в котором расположен вал 2 с приводом. На валу размещен диск 3, коническая насадка 4 и отражатель 6. Исходные жидкости подаются из устройств загрузки 7 и 8 через приемную камеру 9 на диск. Внизу корпуса расположено устройство выгрузки 13 и емкость для сбора эмульсии 12, которая соединена трубопроводом 10 с насосом 11 и приемной камерой.

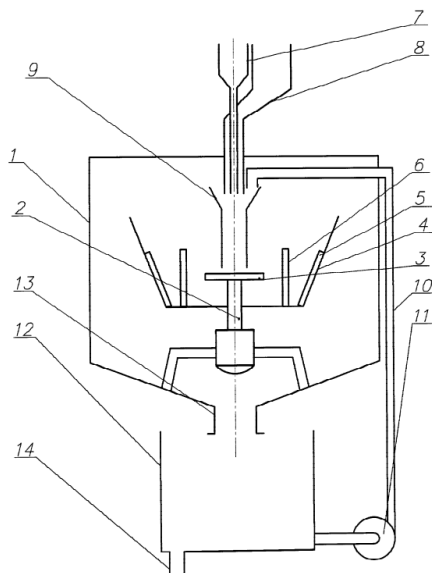


Рис. 1. Агрегат для приготовления эмульсий:

- 1 – корпус; 2 – вал с приводом; 3 – диск; 4 – коническая насадка; 5 – ребра;
6 – отражатель; 7 и 8 – устройства загрузки; 9 – приемная камера;
10 – трубопровод; 11 – насос; 12 – ёмкость для сбора эмульсии; 13 – устройство выгрузки; 14 – окно.

Агрегат работает следующим образом. Исходные жидкости поступают из устройства загрузки через приемную камеру на вращающийся диск и распыливаются. Процесс приготовления эмульсии начинается при совместном движении капель обеих жидкостей в разреженном потоке, который создается вращающимся диском. Затем идет ударное взаимодействие образованного дисперсного потока с вращающимся отражателем. При этом первичные капли, которые образовались, дробятся на бо-

лее мелкие при взаимодействии с отражателем и друг с другом. Из многочисленных литературных источников известно, что масса жидкости диспергированных частиц в перпендикулярных потоку сечениях изменяется по нормальному закону. Таким образом, в сечении потока, где сосредоточено максимальное количество дисперсных частиц, расстояния между кольцами отражателя минимальны, и они возрастает пропорционально уменьшению объемной плотности потока по его сечению. Такое конструктивное исполнение отражателя позволяет организовать равномерное ударное взаимодействие капель с отражателем, что положительно сказывается на процессе приготовления эмульсии. Далее диспергированный поток проходит через отражатель и ударяется о ребра, расположенные на конической насадке.

Под действием центробежных сил предварительно сформированная грубая эмульсия поднимается вверх по образующей конической насадки, снова распыляется и ударяется о внутреннюю поверхность корпуса. Далее, через устройство выгрузки, эмульсия поступает в емкость для сбора эмульсии. При заполнении емкости для сбора эмульсии, что определяется требуемым объемом продукции, подача жидкостей из устройств загрузки прекращается. Затем включается насос, и предварительно приготовленная грубая эмульсия из емкости для сбора эмульсии по трубопроводу направляется через приемную камеру на вращающийся диск. Процесс повторяется до приготовления эмульсии требуемого качества. Конечный продукт выгружается через окна.

Предлагаемый агрегат является устройством периодического действия. В нем изменением времени переработки легко регулируется качество получаемой эмульсии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эмульсии / Под редакцией Ф. Шермана. Пер. с англ. под ред. А.А. Абрамзона. Изд-во «Химия». Л., 1972. С. 448.
2. Физическая и коллоидная химия: учебник / Под ред. проф. А.П. Беляева. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. 704 с.
3. Эмульсии: Их теория и техн. применения / В. Клейтон ; Пер. с англ. Н. А. Плетневой [и др.]; Под ред. П. А. Ребиндера. Москва : Изд-во иностр. лит., 1950. 680 с.

УДК 621.671.1

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

К.С. Дунина, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Разработана новая конструкция для гидротранспорта сыпучих материалов, шламов, а также для перекачивания жидкостей со значительным содержанием взвеси, обладающей абразивной способностью.

***Ключевые слова:** гидротранспортирование, сыпучие материалы, насосное оборудование, абразивный износ*

DEVICE FOR HYDRAULIC TRANSPORTATION OF BULK MATERIALS

K.S. Dunina, A.E. Lebedev

Scientific supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

A new design has been developed for the hydraulic transport of bulk materials, slurries, as well as for pumping liquids with a significant suspension content having an abrasive ability.

***Keywords:** hydraulic transportation, bulk materials, pumping equipment, abrasive wear*

При транспортировании жидкостей, содержащих абразивную твердую фазу, возникает проблема быстрого износа рабочих органов. Проанализировав существующие конструкции напорного оборудования были выявлены их недостатки и разработана новая конструкция устройства [1, 2].

На рис. 1 представлена схема устройства для гидротранспортирования сыпучих материалов. На рис. 2 показан вид сверху устройства для гидротранспортирования сыпучих материалов. На рис. 3 показан вид сбоку устройства.

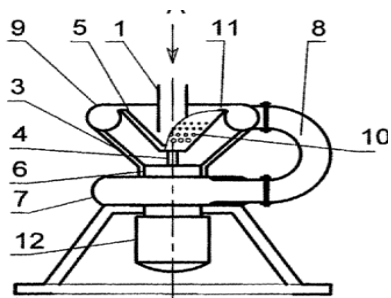


Рис. 1. Устройство для гидротранспортирования сыпучих материалов

Устройство для гидротранспортирования сыпучих материалов содержит устройства загрузки 1 и выгрузки 2, корпус 3, во внутреннем объеме которого расположен вертикальный приводной вал 4 с установленной на нем конической насадкой 5, патрубком вывода осветленной фазы 6, сообщающийся с центробежным насосом 7, и патрубок подачи жидкости 8, соединенный со смесительной камерой 9. На поверхности конической насадки выполнены отверстия 10, размещенные кольцевыми рядами, причем размер отверстий уменьшается от нижнего ряда к верхнему.

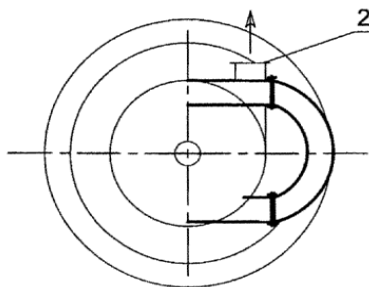


Рис. 2. Вид сверху устройства для гидротранспортирования сыпучих материалов

Смесительная камера выполнена в виде полого тора, в верхней части которого размещено кольцевое окно 11 для прохождения сгущенной фазы.

Привод вала с конической насадкой и центробежного насоса осуществляется от электродвигателя 12. Подлежащие транспортированию сыпучие материалы вместе с транспортирующей жидкостью подаются во внутренний объем корпуса 3 на вращающуюся коническую

насадку 5. При вращении насадки происходит разделение транспортируемого материала под действием центробежных сил на осветленную фазу (жидкость с мелкими частицами, не представляющими угрозы для насоса), проходящую через отверстия 10 в насадке, и сгущенную (крупные твердые частицы с незначительным содержанием жидкости), которая поднимается по ее поверхности и поступает через кольцевое окно 11 в смесительную камеру 10.

Осветленная фаза стекает в низ корпуса и через патрубок вывода 6 попадает в центробежный насос 7, где разгоняется и через патрубок подачи жидкости 8 поступает по касательной в смесительную камеру 10. Здесь происходит ее смешение со сгущенной фазой. Затем транспортируемый материал из устройства выгрузки 2 поступает в трубопровод.

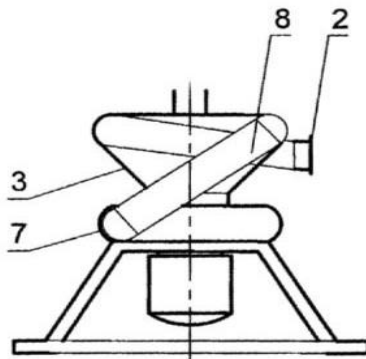


Рис. 3. Вид сбоку устройства для гидротранспортирования сыпучих материалов

Таким образом, в предлагаемом устройстве за счет разделения транспортируемого материала на сгущенную и осветленную фазы твердые частицы разгоняются потоком осветленной фазы и не попадают в центробежный насос, тем самым существенно снижается интенсивность износа и, следовательно, повышается срок службы оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2592093 Российская Федерация. Устройство для гидротранспортирования сыпучих материалов / А.И. Зайцев, А.Е. Лебедев, М.Н. Романова, Н.В. Бадаева, Г.И. Зеленый, И.С. Шеронина. Оpubл. 30.06.2015
2. *Лебедев, А.Е.* Моделирование процессов ударного разделения суспензий в новых аппаратах применительно к их транспортировке: монография / А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. 164 с.

КАТАЛИЗАТОРЫ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е.А. Есин, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов

Научные руководители – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор;
И.С. Гуданов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Объектом исследования является катализатор процесса изомеризации легких бензиновых фракций, предназначенный для увеличения скорости процесса и повышения октанового числа

***Ключевые слова:** изомеризация, катализатор, ИПК-2С*

CATALYSTS OF THE ISOMERIZATION PROCESS IN THE MODERN OIL REFINING INDUSTRY

E.A. Yesin, A.E. Lebedev, I.S. Gudanov

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Professor;
I.S. Gudanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The object of the study is a catalyst for the process of isomerization of light gasoline fractions, designed to increase the speed of the process and increase the octane number.

***Keywords:** isomerization, catalyst, IPK-2C*

В настоящее время одним из способов получения высокооктановых компонентов бензинов с улучшенными экологическими свойствами является процесс изомеризации пентана. Причиной тому введение новых ограничений и норм на экологические свойства автомобильных бензинов, на ограничение по фракционному составу, а также по содержанию ароматических соединений. Сырьем процесса изомеризации являются легкие бензиновые фракции. По причине их низкой детонационной стойкостью

данную фракцию подвергают изомеризации. Повышение октанового числа достигается увеличением доли изопарафинов. Не мало важную роль играет катализатор, на поверхности которого протекает реакция изомеризации. На данный момент существует большое разнообразие видов катализатора. При выборе того или иного вида, стоит обращать внимание на его достоинства и недостатки для корректного выбора катализатора.

В ходе данного исследования будут рассмотрены различные виды катализатора для процесса изомеризации, а также выявлен наиболее эффективный и подходящий для процесса катализатор.

Катализаторы по своей сущности могут быть трех видов: твердые, жидкие и газообразные, то есть принимать одно из трех основных агрегатных состояний. Наиболее распространенными являются твердые катализаторы. Их изготавливают из металлов (железо, платина) и оксидов металлов.

Выделяют три основные группы катализаторов:

1. Цеолитные катализаторы

Имеют более высокий порог чувствительности по температуре, чем другие виды. Как следствие получаем малые октановые числа (76-78 по исследовательскому методу). Для достижения необходимых температур необходимо использование огневых подогревателей для нагрева газо-сырьевой смеси. Также данный вид катализатора требует высокого отношения водорода к углеводородному сырью. Для этого необходимо добавление в технологическую схему процесса компрессора для подачи циркулирующего ВСГ, а также сепаратора для разделения ВСГ. Наличие перечисленного оборудования повышает затраты. К достоинствам цеолитных катализаторов можно отнести высокую устойчивость к отравляющим примесям в сырье. Еще одной особенностью данного вида катализатора будет являться его способность к полной регенерации.

2. Катализаторы на основе хлорированной окиси алюминия

В следствии высокой активности данных катализаторов увеличивается выход продукта процесса, а также повышается октановое число. Катализаторы на основе хлорированной окиси алюминия являются не рентабельными по причине двух существенных недостатков:

1) В процессе эксплуатации изнашивается, теряя хлор. Что приводит к снижению активности катализатора. Для восстановления количества хлора в сырье добавляют хлорсодержащие добавки.

2) Обладает большой чувствительностью к каталитическим ядам (кислородсодержащие соединения, вода, азот, сера).

Также данный вид катализаторов не регенерируются, а срок службы составляет 3-5 лет.

3. Катализаторы на основе сульфатированных оксидов металлов

В последнее время получили наибольший интерес. Устойчивы к действию каталитических ядов, обладают высокой активностью и способны к регенерации. Не требуют введения хлора при адсорбционной сушке, а также при защелачивании УВ газов. Но при этом так же как и цеолитные катализаторы требуют наличия компрессора для подачи ВСГ.

Для подбора наиболее эффективного катализатора были отобраны три различные марки, собрана информация по показателям процессов с участием данных катализаторов. По результатам анализа доступных на рынке катализаторов можно выделить три марки: СИ-2, НИП-3А, ИПК-2С. Данные с показателями представлены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели процессов с участием катализаторов СИ-2, НИП-3А, ИПК-2С

Показатели	СИ-2	НИП-3А	ИПК-2С
Температура, °С	120-180	140-200	100-150
Объёмная скорость подачи сырья, ч ⁻¹	2,5-3,5	1,5-2	2,0-3,0
Давление, МПа	2,5-2,8	2-4	3,0-4,0
Мольное отношение водород: сырьё	(1,5-2,5):1	(0,1- 3):1	(0,5-1,5) : 1
Содержание серы в сырье, мг/кг (<i>ppm</i>)	2-5	1	до 1
Активность: конверсия сырья «за проход», % октановое число изомеризата (ИОЧ)	82-84	84	до 84
Межрегенерационный цикл	2-3	1-2	2
Срок службы катализатора, лет	8	4-6	7-8

По результатам данного анализа был выбран катализатор фирмы «Олкат» платиносодержащий низкотемпературный катализатор ИПК-2С, представляющий сульфатированную композиционную смесь оксидов циркония и алюминия. Предназначен для использования как в газофазном режиме, так и в жидкофазном. Способен к регенерации, обладает устойчивостью к примесям в сырье. В результате использования данного

катализатора возможно снизить рабочую температуру, а также отказаться от подачи хлора при адсорбционной сушке и отказаться от защелачивания.

Таким образом изучение существующих видов и марок катализаторов позволили выбрать наиболее лучший. Результатом выбора данного катализатора станет снижение температуры процесса, уменьшение межрегенерационного периода, отсутствие щелочных стоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Заботин, Л.И.* Химия и технология вторичных процессов переработки нефти / Л. И. Заботин. Самара: СамГТУ, 2014. 332 с.
2. *Магарил, Р.З.* Теоретические основы химических процессов переработки нефти / Р.З. Магарил. М.: Химия, 1985. 279 с.

**КОНСТРУКЦИЯ ДИСКОВОГО ЗАТВОРА,
ПРЕДОТВРАЩАЮЩАЯ ВОЗНИКНОВЕНИЕ
КАВИТАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ
РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА ЖИДКИХ СРЕД**

Е.А. Ефимов, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова

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

Ярославский государственный технический университет

Целью данного исследования является рассмотрение дискового затвора, сферы применения и его строение. Выявление недостатков и пути их решения путем разработки нового вида конструкции дискового затвора.

Ключевые слова: дисковый затвор, кавитация, расход жидких сред

**THE DESIGN OF THE DISC GATE, WHICH PREVENTS
THE OCCURRENCE OF CAVITATION EFFECTS
IN THE PROCESS OF REGULATING THE FLOW
OF LIQUID MEDIA**

E.A. Efimov, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technics Sciences,
Professor,
A.B. Kapranova, Doctor of Physics and Mathematics sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The purpose of this study is to consider the disc shutter, the scope of application and its structure. Identification of shortcomings and ways to solve them by developing a new type of design of the disc shutter.

Keywords: disc shutter, cavitation, flow rate of liquid media.

Дисковый затвор — тип трубопроводной арматуры, в котором запирающий или регулирующий элемент имеет форму диска, поворачи-

вающегося вокруг оси, перпендикулярной или расположенной под углом к направлению потока рабочей среды [1].

Известно, что дисковые затворы успешно применяются практически во всех отраслях промышленности, а также в инфраструктуре жилищно-коммунального хозяйства. Областей применения затворов поворотных дисковых огромное количество. Например, водоснабжение и отопление, кондиционирование и вентиляция, газоснабжение и трубопроводы подачи парообразных веществ, на объектах энергетики, в системах пожаротушения.

Затворы состоят из корпуса с входным и выходным фланцами, размещенного внутри корпуса седла с уплотнительной поверхностью, вала, установленного посредством подшипниковых втулок в вышеуказанный корпус, перпендикулярно оси симметрии его проходного отверстия со смещением относительно указанной оси, установленного на вал диска, который зафиксирован на валу от проворота шпонками, установленной на диск ламели, внешняя грань которой имеет конусную поверхность, ось которой наклонена относительно оси симметрии проходного отверстия корпуса, прижимного кольца, прижимающего ламель к диску при помощи винтов, сальника, крышки сальника, нижней крышки, скобы, установленной на присоединительную площадку корпуса, привода, закрепленного на скобе, величина выступа шпонок из шпоночного паза вала, измеряемая от оси вала до самой удаленной грани шпонки, меньше половины минимального диаметра расточки корпуса под установку подшипниковых втулок.

Несмотря на их широкое использование они имеют общий недостаток- возникновение кавитации в процессе регулирования расхода жидких сред. Под кавитацией в жидкости понимают образование заполненных паром и газом полостей или пузырьков при локальном понижении давления в жидкости до давления насыщенных паров [2]. Соотношение содержания газа и пара в полости может быть различным (теоретически от нуля до единицы). В зависимости от концентрации пара или газа в полости их называют паровыми или газовыми [3].

Для устранения данного недостатка были внесены коррективы в строение дискового затвора. На большей боковой поверхности диска, отсекаемой осью вала, со стороны входного фланца, размещены по части дуги окружности, ограниченной осью вала, криволинейные стержни, загнутые в сторону входного фланца, а на меньшей боковой поверхности диска, отсекаемой осью вала, со стороны выходного фланца, установлены по части дуги окружности, ограниченной осью вала, криволинейные стержни, загнутые в сторону выходного фланца.

С целью предотвращения кавитации при открытии дискового затвора (когда скорости течения жидкости максимальны, а давление в жид-

кости может опуститься до давления насыщенного пара, что способствует возникновению кавитации) на большей боковой поверхности диска 8, отсекаемой осью вала 6, со стороны входного фланца 1, размещены по части дуги окружности, ограниченной осью вала, криволинейные стержни 13, загнутые в сторону входного фланца 1.

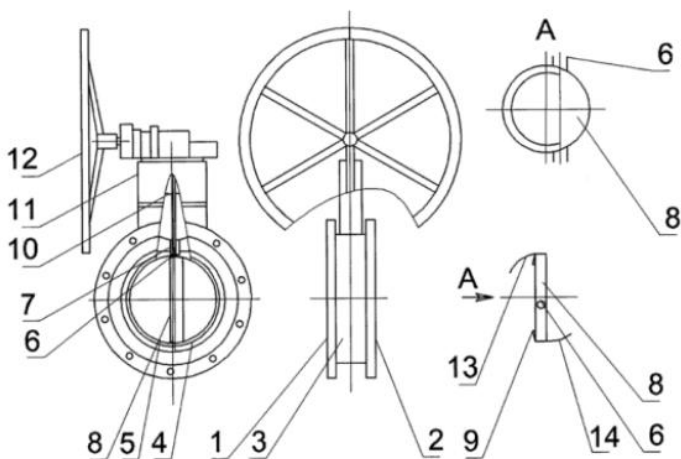


Рис. 1. Схема дискового затвора

На рис. 1 изображена схема дискового затвора.

Взаимодействуя со стержнями 13 поток разделяется на струи, при этом происходит диссипация энергии потока и снижение градиента давлений, что способствует предотвращению кавитации. Загиб криволинейных стержней 13 в сторону входного фланца 1 позволяет диску 8 поворачиваться между закрытым и открытым положениями дискового затвора, не задевая за седло 4 и другие внутренние элементы дискового затвора. Кроме того, криволинейная форма стержней 13 и 14 позволяет наиболее эффективно разделять поток на отдельные струи на всем протяжении процесса поворота диска 8 при не значительном повышении гидравлического сопротивления в открытом положении. Для этих же целей на меньшей боковой поверхности диска 8, отсекаемой осью вала 6, со стороны выходного фланца 2, установлены по части дуги окружности, ограниченной осью вала, криволинейные стержни 14, загнутые в сторону выходного фланца 2 в сторону, противоположную криволинейным стержням 13). Расположение криволинейных стержней 13 и 14 на обеих сторонах диска 8 по частям дуг окружностей, получаемых разделением его поверхности валом 6, способствует их равномерному распределению по образованному проходному сечению при открытых положениях дисково-

го затвора, что эффективно предотвращает возникновение кавитации во всем диапазоне углов поворота диска 8 [4].

На наш взгляд, благодаря данным корректировкам в строении дискового затвора, возникновение кавитации в процессе регулирования расхода жидких сред будет устранено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 13547-2015. Арматура трубопроводная. Затворы дисковые. Общие технические условия. М.: Стандартиформ, 2016
1. Пат. 2770335 Российская Федерация. Дисковой затвор / Лебедев А.Е., Капранова А.Б., Гуданов И.С., Федоров Д.О. и др.; Опубл. 15.04.22, Бюл. № 11.
2. *Перник, А.Д.* Проблемы кавитации. Л.: Судостроение, 1966. 439 с.
3. *Арзуманов З.С.* Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях. М.: Энергия, 1978. 303 с.

**О МОДЕРНИЗАЦИИ КОЛОННЫ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ
ПРОПАН-БУТАНОВОЙ ФРАКЦИИ
НА УСТАНОВКЕ Г-43-107**

К.В. Иваничкин, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается замена контактирующих устройств колонны разделения пропан-бутановой фракции с трапециевидно-клапанных тарелок на ситчатые тарелки.

Ключевые слова: трапециевидно-клапанные тарелки, ситчатые тарелки

**ON MODERNIZATION OF THE COLUMN FOR SEPARATION
OF THE PROPANE-BUTANE FRACTION ON UNIT G-43-107**

K.V. Ivanichkin, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technics Sciences,
Professor,

Yaroslavl State Technical University

Replacement of contacting devices of the propane-butane fraction separation column from trapezoidal-valve trays to sieve trays is considered.

Keywords: trapezoidal-valve trays, sieve trays

В современное время нефтегазовая отрасль представлена в виде комплекса, состоящего из множества мощнейших и дорогостоящих установок. Примером такой установки является установка каталитического крекинга Г-43-107 дислоцирующаяся на Московском НПЗ.

Главное преимущество процесса - значительная рабочая эластичность: возможность преобразовывать разнообразные нефтяные фракции с получением высокооктанового топлива и газа, богатого пропиленом, изобутаном и бутенами; относительная легкость

совмещения с другими процессами, к примеру, с алкилированием, гидрокрекингом, гидроочисткой и т. д.

Рассматриваемая колонна на рисунке 2 обозначена под номером 7. Это колонна разделения пропан-бутановой фракции, поступающей с колонны стабилизации бензина, на составляющие пропан-пропиленовую фракцию (ППФ) и бутан-бутиленовую фракцию (ББФ). Так как, рассматриваемая колонна стоит в конце установки, а точнее это последняя стадия переработки на данной установки и сырье поступающее в нее имеет минимальное содержание сернистых соединений и коррозионно-активных примесей, то данную колонну можно изготовить из менее дорогостоящих составляющих.

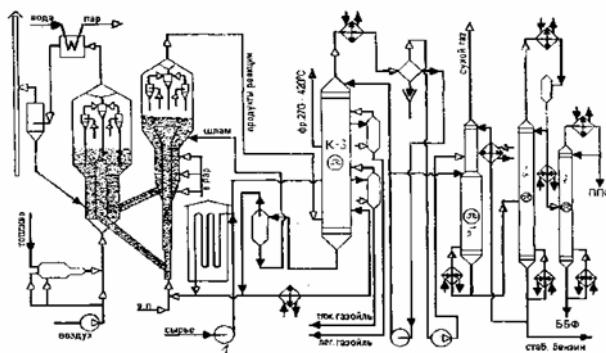


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема установки каталитического крекинга Г-43-107

Например, вместо существующих дорогостоящих трапециевидно-клапанных тарелок можно использовать менее дорогие контактирующие устройства, а также уменьшить количество тарелок. Ситчатые тарелки намного дешевле в отличие от трапециевидно-клапанных тарелок. Проведя расчеты в программе AspenHYSYS я поставил, вместо существующих 60 трапециевидно-клапанных тарелок, 30 штук ситчатых тарелок. Ниже приведены рисунки упрощенной схемы колонны, состава и свойства сырья и качество продуктов:

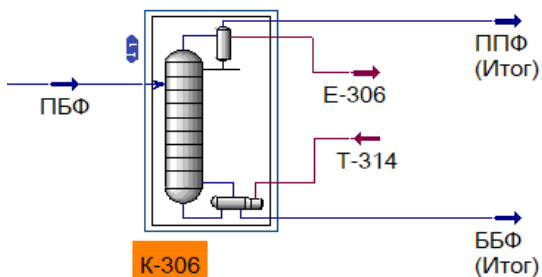


Рис. 2. Упрощенная схема колонны

Таблица 1. Свойства сырья

Температура, °С	73,1
Давление, МПа	1935
Расход, кг/ч	43600

	Мольные доли	Паровая фаза
Propane	0,1753	0,1753
Cyclopropane	0,8027	0,8027
i-Butane	0,0200	0,0200
n-Butane	0,0000	0,0000
1-Butene	0,0005	0,0005
i-Butene	0,0015	0,0015
tr2-Butene	0,0000	0,0000
cis2-Butene	0,0000	0,0000
i-Pentane	0,0000	0,0000
n-Pentane	0,0000	0,0000

Рис. 3. Качество ППФ

	Мольные доли	Жидкая фаза
Propane	0,0023	0,0023
Cyclopropane	0,0877	0,0877
i-Butane	0,2685	0,2685
n-Butane	0,0620	0,0620
1-Butene	0,1220	0,1220
i-Butene	0,1607	0,1607
tr2-Butene	0,1478	0,1478
cis2-Butene	0,1086	0,1086
i-Pentane	0,0345	0,0345
n-Pentane	0,0059	0,0059

Рис. 4. Качество ББФ

После замены:

	Мольные доли	Паровая фаза
Propane	0,1714	0,1714
Cyclopropane	0,8066	0,8066
i-Butane	0,0187	0,0187
n-Butane	0,0001	0,0001
Cyclobutane	0,0000	0,0000
i-Butene	0,0029	0,0029
n-Pentane	0,0000	0,0000
i-Pentane	0,0000	0,0000
cis2-Butene	0,0000	0,0000
tr2-Butene	0,0002	0,0002

Рис. 5. Новое качество ППФ

	Мольные доли	Жидкая фаза
Propane	0,0029	0,0029
Cyclopropane	0,0871	0,0871
i-Butane	0,3109	0,3109
n-Butane	0,0716	0,0716
Cyclobutane	0,0000	0,0000
i-Butene	0,1846	0,1846
n-Pentane	0,0068	0,0068
i-Pentane	0,0399	0,0399
cis2-Butene	0,1255	0,1255
tr2-Butene	0,1707	0,1707

Рис. 6. Новое качество ББФ


Ниже представлены примерные характеристики новых тарелок и гидравлический расчет колонны:

Имя: CS-1 Нач. ст.: 1_Main Tower Конечн. ст.: 30_Main Tower Состояние: Активный Режим: Интеракт. калибр. Новин.

Тип внутр. устр.: Тарелка Насадка

Тип тарелки: **Save** Устройство слива: **Обычное** Число проходов: **2**

Диаметр отверстия: **4 mm**



Количество отверстий: **13301**

Площадь отверстий к текущей площади: **0,0583**

Толщина Крышки: **Лр.**

Толщина тарелки: **3,404 mm**

Баланс перетока основан на: **Максимальная скорость**

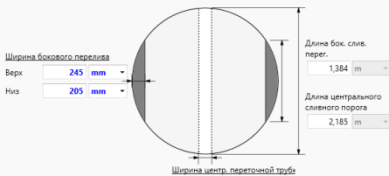
Текущая область под переливом:

Модификация слива:

Нет

Пикетир.

Стреловидный возврат



Ширина бокового перелива:

Верх: **245 mm**

Низ: **205 mm**

Длина бок. слив. перегород.: **1,384 m**

Длина центрального сливного порога: **2,185 m**

Ширина центр. перегородки трубки:

Верх: **260 mm**

Низ: **200 mm**

Диаметр: **2,2 m**

Высота переливных перегородок: **50 mm**

Просв. перет. трубки: **75 mm**

Расст. между тарел.: **0,8 m**

Рис. 7. Характеристики тарелок

В конце можно сделать вывод о том, что данную колонну можно удешевить, заменив существующие трапецевидно-клапанные тарелки на новые ситчатые, а также уменьшив количество этих тарелок, не теряя при этом уровня качества продуктов. Новая колонна для разделения пропан-бутановой фракции для установки Г-43-107 будет легче, меньше и дешевле существующей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров, И.А.* Ректификационные и абсорбционные аппараты. Химия, М.: КДУ, 1978. 167 с.
2. *Магарил, Р.З.* Теоретические основы химических процессов переработки нефти: Учебное пособие. М.: КДУ, 2008. 280 с.
3. *Дмитриев, Е.А. и др.* Аппаратура процессов разделения гомогенных и гетерогенных систем: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. 104 с.
4. ОСТ 26-01-108-85 «Тарелки ситчато-клапанные колонных аппаратов. Параметры, конструкция и размеры».
5. *Скобло, А.И. и др.* Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебник для вузов. М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012. 725 с.

ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ СЫПУЧИХ СРЕД

А.И. Иванов, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Предлагаемый измельчитель предназначен для применения в химической промышленности, производстве строительных материалов и других отраслях промышленности.

Ключевые слова: *измельчитель, шаровая мельница, конические барабаны, перегрузочные приспособления*

SHREDDER OF BULK MEDIA

A.I. Ivanov, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The present invention is intended for use in the chemical industry, the production of building materials and other industries.

Keywords: *shredder, ball mill, cylindrical drums, reloading devices*

Измельчение сыпучих сред широко используется в разных отраслях промышленности, в том числе, химической. Наиболее часто для этих целей применяются шаровые мельницы различных типов.

Однако большинство известных мельниц имеют некоторые недостатки, к которым относят: сложность конструкции и невысокая степень измельчения, а также быстрый износ рабочих органов и мелющих тел (шаров).

Проанализировав недостатки существующих конструкций мельниц, нами была разработана новая конструкция измельчителя спирального типа, схема которого показана на рис.1 и рис.2.

Измельчитель содержит устройства загрузки исходных компонентов 1 и выгрузки измельченного материала 2, приводные конические барабаны 3 и 4, на внутренних поверхностях которых

размещены спиральные направляющие в виде профилированных полых элементов. Для пересыпания материалов из барабана в барабан предусмотрены перегрузочные приспособления 5 и 6, соединяющие торцевые части барабанов. К торцам барабанов также присоединены конические камеры, выполненные в виде спиральных направляющих на внутренней поверхности, имеющие форму диффузоров 7 и конфузоров 8. Для выгрузки измельченного материала в барабанах выполнены отверстия 9. Привод барабанов осуществляется от электродвигателя 10. Мелющие тела подаются в барабан из бункера 11.

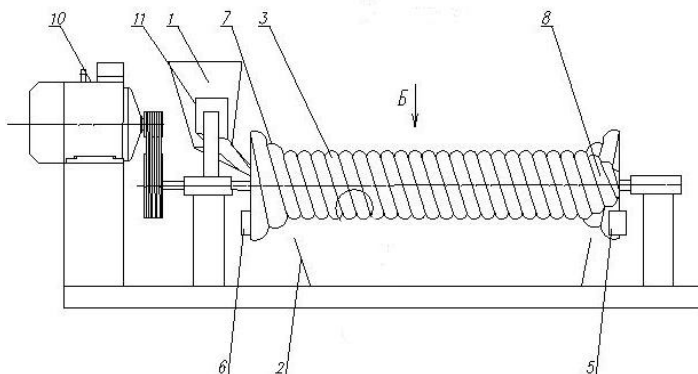


Рис. 1. Схема измельчителя

Измельчитель работает следующим образом.

Подлежащий измельчению материал из устройства загрузки 1 поступает вместе с мелющими телами из бункера 11 во внутренний объем конической камеры 7 вращающегося барабана 3 и движется по спиральным направляющим. При совместном движении частиц материала и мелющих тел происходит измельчение. Продукты помола проходя сквозь отверстия 9, попадают в устройство выгрузки 2. При прохождении мелющими телами и неизмельченными частицами всего барабана они попадают в коническую камеру 8, а из нее через перегрузочное приспособление 5 в барабан 4, где процесс повторяется. Перегрузка материала из барабана 4 в барабан 3 происходит через перегрузочное приспособление 6. Таким образом, процесс измельчения происходит непрерывно до полного измельчения материала.

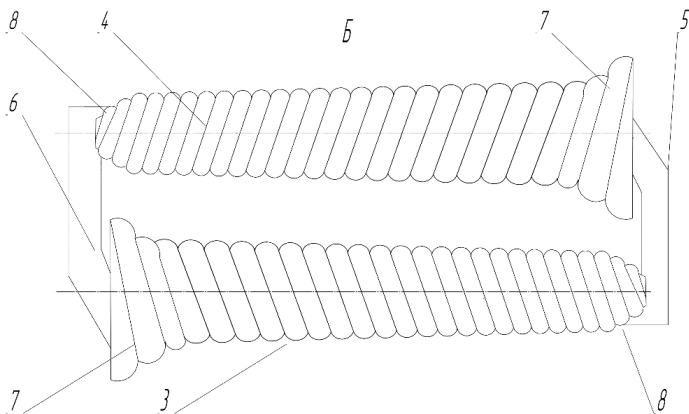


Рис. 2. Схема измельчителя. Вид Б

Благодаря тому, что к торцам барабанов присоединены конические камеры, выполненные в виде диффузоров и конфузоров, возникает возможность размещения обоих барабанов горизонтально, а перегрузка материалов из барабана в барабан осуществляется при помощи наклонных перегрузочных приспособлений (лотков), без использования дополнительных транспортных систем, что существенно упрощает конструкцию.

Выполнение барабанов коническими позволяет организовать переменное, изменяющуюся по длине барабана, силовое воздействие на частицы измельчаемого материала, что способствует повышению эффективности измельчения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2581489 Российская Федерация. Измельчитель / А.И. Зайцев, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, И.О. Кузьмин. Оpubл. 20.04.2016.
2. Суханов, А.С. Математическое описание движения частиц в разреженном потоке центробежного измельчителя ударного действия / А.С. Суханов, А.Е. Лебедев, А.И. Зайцев, А.П. Лупанов // *Фундаментальные исследования*. Москва, 2012. № 3. С. 133-137.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЕДЛОВЫХ ОПОР ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СОСУДОВ С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ ОПОРЫ

А.М. Иванов, Я.С. Кокорина, Д.С. Долгин, Ю.А. Веткин

Научный руководитель – **Д.С. Долгин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Стандартизованные седловые опоры имеют повышенную металлоёмкость, при этом выдерживают нагрузку с большим запасом. Металлоёмкость – очень важный параметр для любого производства, занимающегося изготовлением нефтехимического оборудования, с целью уменьшения расходов на изготовление. Поэтому оптимизация геометрии опоры является актуальной задачей.

Ключевые слова: седловая опора, горизонтальный аппарат, осевая нагрузка, продольная нагрузка, предел прочности, конечные элементы

ANALYSIS OF THE STRESS STATE OF SADDLE SUPPORTS OF HORIZONTAL VESSELS IN ORDER TO OPTIMIZE THE GEOMETRY OF THE SUPPORT

A.M. Ivanov, Y.S. Kokorina, D.S. Dolgin, Yu.A. Vetkin

Scientific supervisor – **D.S. Dolgin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

Standardized saddle supports have increased metal consumption, while withstanding the load with a large margin. Metal consumption is a very important parameter for any production engaged in the manufacture of petrochemical equipment, in order to reduce manufacturing costs. Therefore, optimizing the geometry of the support is an urgent task.

Keywords: saddle support, horizontal apparatus, axial load, longitudinal load, tensile strength, end elements

Для установки горизонтальных сосудов и аппаратов в химической и нефтехимической промышленности применяются седловые опоры.

Опоры этого типа стандартизированы, а основные требования и размеры представлены в ГОСТ 26-2091-93 [1].

В соответствии с указанным выше стандартом по конструкции опоры делятся на три типа. Каждый тип подразделяется на опоры подвижные и неподвижные (рис. 1-2), а также на разные диаметры и нагрузку.

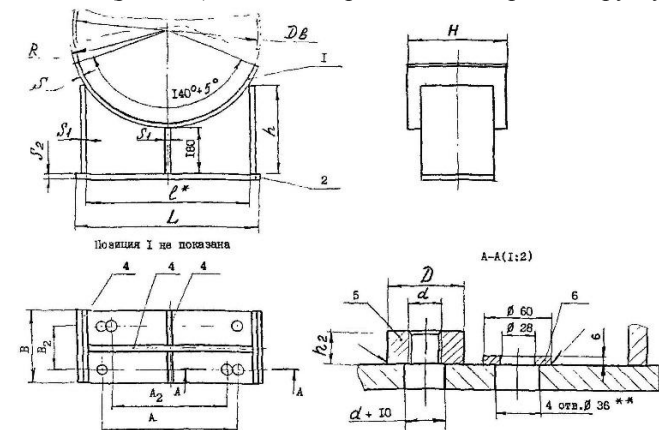


Рис. 1. Опора неподвижная:

1 – лист опорный; 2 – плита опорная; 4 – ребро;
5 – втулка резьбовая; 6 – шайба

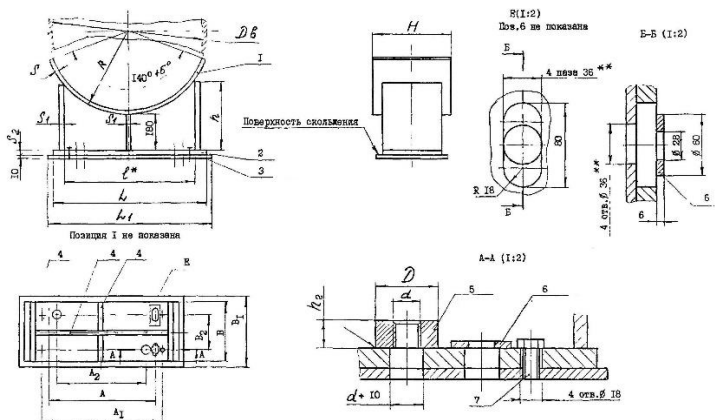


Рис. 2 Опора подвижная:

1 – лист опорный; 2 – плита опорная; 3 – лист подкладной; 4 – ребро;
5 – втулка резьбовая; 6 – шайба; 7 – болт

Однако в указанном выше стандарте заложены большие запасы по прочности, поэтому оптимизация геометрии опоры является актуальной задачей.

Оптимизацию проведем на примере стандартной опоры: Опора 125-514-II ОСТ 26-2091-93, где 125 кН это нагрузка, воспринимаемая опорой; 514 мм это радиус R, а II – это группа материала (09Г2С). Построим её 3D модель в программе AutodeskInventor (рис. 3).

Для оптимизации и уменьшения металлоёмкости конструкции воспользуемся специальным инструментом «Генератор форм». В первую очередь здесь необходимо выбрать сохраняемые области, те элементы, которые необходимо оставить без изменения – в нашем случае это плита опорная и лист опорный. Далее задаем граничные условия, для нижней плоскости опорной плиты – защемление. Следующим этапом необходимо задать нагрузки, действующие на опору. В соответствии с [2] для аппарата установленного на двух опорах, одну опору необходимо нагрузить вертикальной силой P_1 в зависимости от веса оборудования $G_{max} = 125\text{кН}$ и горизонтальной силой трения P_2 :

$$P_1 = 0,5 \cdot G_{max} ; P_2 = 0,15 \cdot G_{max} .$$

При выполнении расчета для выбранной опоры $P_1 = 125\text{ кН}$, а $P_2 = 0,15 \cdot 125 = 18,75\text{ кН}$. Помимо этого, основным параметром инструмента «генератор форм» является коэффициент уменьшения массы, который мы принимаем 30%. После выполнения расчетов получаем оптимизированную форму, с уменьшенной массой на 30 % (рис. 4).

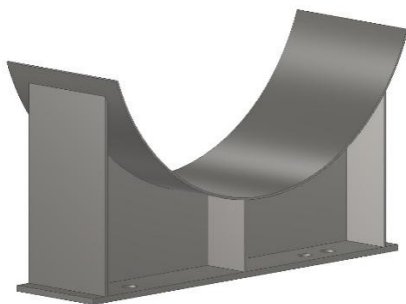


Рис. 3. Модель до генерации

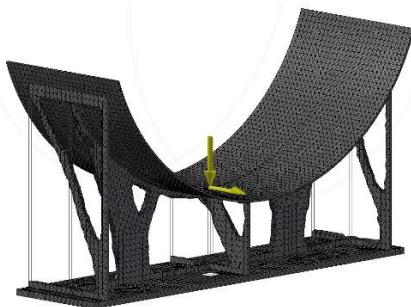


Рис. 4. Модель после генерации

Для получившейся геометрии оптимизированной опоры необходимо дополнительно провести расчет на прочность методом конечных

элементов, с целью обеспечения целостности конструкции при нагруженные. Результаты такого моделирования приведены на рис. 5.

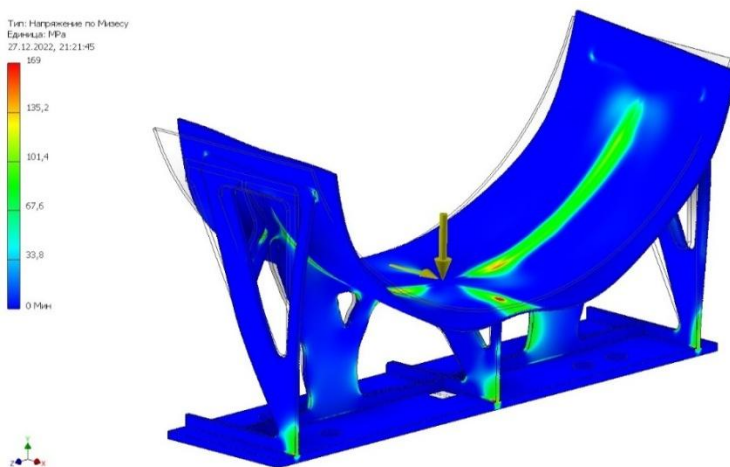


Рис. 5. Картина распределения напряжений

Исходя из картины распределения напряжений мы видим, что максимальные напряжения для такой формы опоры наблюдаются в месте соединения листа опорного и ребра, которое численно равно 169 МПа. Допускаемое напряжение для стали 09Г2С составляет 196 МПа, что больше максимальных напряжений в конструкции. Исходя из этого делаем вывод о достаточной прочности конструкции.

Таким образом нами спроектирована оптимальная конструкция седловой опоры с уменьшенной металлоёмкостью на 30%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОСТ 26-2091-93. Опоры горизонтальные сосудов и аппаратов. Конструкция.
2. *Лащинский, А.А.* Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. Л.: Машиностроение. Ленинград.тд-ние, 1981. 382 с.
3. *Сугак, А.В.* Оборудование нефтеперерабатывающего производства: учеб.пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / *А.В. Сугак, В.К. Леонтьев, Ю.А. Веткин.* М. : Издательский центр «Академия», 2012. 336 с.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ОПИРАНИЯ ПРИВОДА НА КРЫШКУ АППАРАТА С РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ И КОЛЬЦОМ ЖЕСТКОСТИ

И.А. Иванов, И.П. Королев, Д.С. Долгин, Ю.А. Веткин

Научный руководитель – **Д.С. Долгин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Для производства суспензий, эмульсий, а также смесей твердых веществ, применяется процесс смешения. Также этот процесс используется на химических производствах для активизации процессов массообмена и теплообмена. Кроме того, интенсивное перемешивание требуется для проведения многих непрерывных химических процессов.

Ключевые слова: смешение, суспензия, укрепление отверстия, перемешивающее устройство, ребро жесткости

SELECTION OF THE OPTIMAL DESIGN OF THE DRIVE SUPPORT ON THE COVER OF THE DEVICE WITH STIFFENERS AND A STIFFENING RING

I.A. Ivanov, I.P. Korolev, D.S. Dolgin, Yu.A. Vetkin

Scientific Supervisor – **D.S. Dolgin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

For the production of suspensions, emulsions, as well as mixtures of solids, a mixing process is used. This process is also used in chemical industries to activate the processes of mass transfer and heat exchange. In addition, intensive mixing is required for many continuous chemical processes.

Keywords: mixing, suspension, hole reinforcement, mixing device, stiffening rib

Существует несколько видов перемешивания и оборудования для его проведения в зависимости от агрегатного состояния смешиваемых материалов. Химическая реакция и перемешивание - процессы, которые могут протекать как раздельно, так и совместно, а также совпадать по времени и по месту проведения. Для раздельного проведения процесса переме-

шивания используются смесители[1], а для одновременного проведения перемешивания и химического превращения - реакционные аппараты, оснащенные механическими перемешивающими устройствами [2].

Для приведения во вращение механических перемешивающих устройств в химических аппаратах служат приводы, где в качестве движущей силы используется главным образом электроэнергия. В последнее время стали также применяться гидроприводы, где в качестве движущей силы используется находящаяся под давлением жидкость (масло).

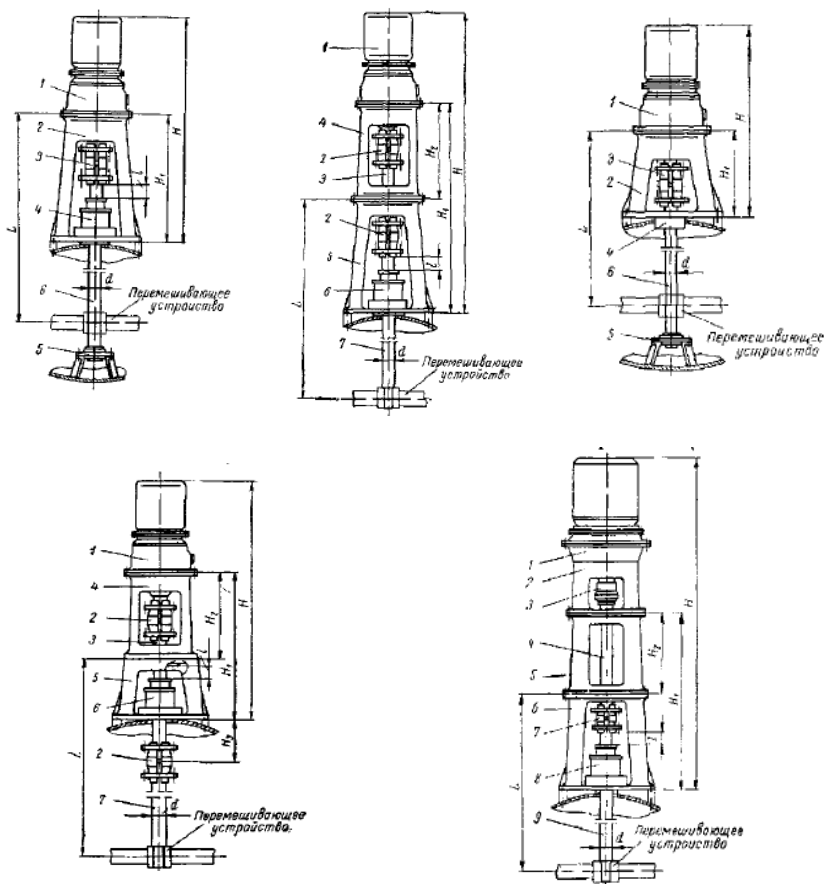


Рис. 1. Типы приводов:

- 1 – мотор-редуктор; 2 – стойка; 3 – муфта; 4 – уплотнение;
- 5 – опора вала концевая; 6 – вал перемешивающего устройства

Существует весьма много различных конструкций приводов (рисунки 1), в которых большей частью применяются стандартные многооборотные электродвигатели и типовые механические редукторы для снижения числа оборотов вала перемешивающего устройства до требуемого по расчету [3]. Наибольшее распространение в химическом аппаростроении получили выносные индивидуальные приводы со стандартными электродвигателями и типовыми редукторами, устанавливаемые на крышке или верхнем днище аппарата.

При работе аппарата с механическим перемешивающим устройством со стороны привода на корпус действуют нагрузки: осевая и поперечная силы и изгибающий и крутящий моменты [4]. Поперечная сила и изгибающий момент имеют циркуляционный характер воздействия на узел опирания, что усложняет задачу. При этом важно, чтобы деформации узла установки привода не превышали определенных значений, так как рост этих деформаций приводит к вибрациям оборудования, нарушению герметичности узла уплотнения и потере прочности конструкции. Особенно данная проблема характерна для аппаратов больших диаметров (2 м и более) при небольших толщинах днищ, так как большой радиус кривизны днища в центре заметно уменьшает жесткость днища.

Из практики максимальный угол поворота фланца, на который устанавливается привод не должен превышать $0,05^\circ$. Таким образом, нашей задачей является определить конструкционно наименее металлоемкую опору, при которой будет возникать максимальное отклонение от оси аппарата не более $\alpha=0,05^\circ$.

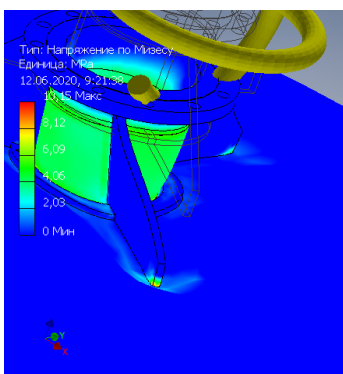


Рис. 2. Картина распределения напряжений

Расчеты проводились в системе Autodesk Inventor. При моделировании, принято условие опирания днища по наружному контуру в виде жесткой заделки. Силы и моменты от привода приложены к зеркалу фланца (рис. 2).

На рис. 3 представлен график зависимости максимальных напряжений от количества ребер.

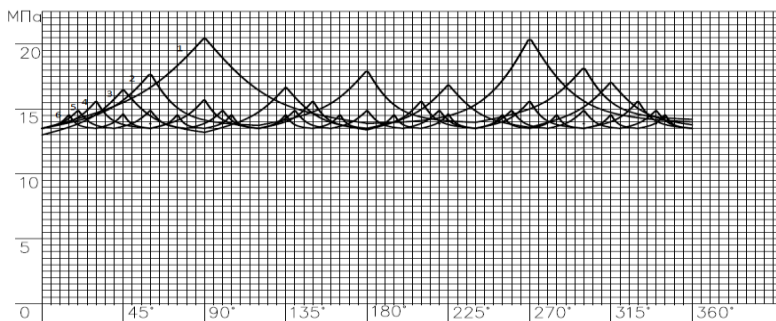


Рис. 3. Зависимость нагрузки создаваемой приводом в зависимости от угла приложения действующей на опору без укрепляющего кольца:

1 – с 2 ребрами жесткости, 2 – с 3 ребрами жесткости, 3 – с 4 ребрами жесткости, 4 – с 6 ребрами жесткости, 5 – с 9 ребрами жесткости, 6 – с 12 ребрами жесткости

Анализ графика показывает, что не целесообразно принимать количество ребер больше 6, так как уменьшение максимальных напряжений не значительно, при этом масса узла и трудоемкость изготовления возрастают пропорционально количеству ребер.

СПИСОКЛИТЕРАТУРЫ

1. Сугак, А.В. Оборудование нефтеперерабатывающего производства: учеб.пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / А.В. Сугак, В.К. Леонтьев, Ю.А. Веткин. М : Издательский центр «Академия», 2012. 336 с.
2. Брагинский, Л.Н. Перемешивание в жидких средах / Л.Н. Брагинский, В.И. Бегачев, В.М. Барабаш. Л.: «Химия», 1984. 336 с.
3. Стренк, Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / Ф. Стренк – Польша 1971, пер. с польского под ред. И.А. Шупляка. Л.: «Химия», 1975. 384 с.
4. Оборин, В.Н. и др. Конструирование и расчет технологического оборудования: Учеб.пособие. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2003.
4. Симонин, А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Калуга, 2002. 850 с.

ОЧИСТКА И ПОДГОТОВКА ТЕХНИЧЕСКИХ МАСЕЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯВЛЕНИЯ ОСМОСА

Н.Д. Ковпанько, И.А. Овчинников, А.А. Ватагин

Научный руководитель – **А.А. Ватагин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается применение физического явления «осмос» для очистки технических масел, применяемых при эксплуатации холодильного оборудования и устройств термостабилизации. С целью достижения высоких показателей очистки, рассматривается возможность внедрения в существующие аппараты для очистки масла, устройства очистки на основе осмоса.

Ключевые слова: холодильное оборудование, масло, обратный осмос, очистка, фильтрат, давление, эффективность

CLEANING AND PREPARATION OF TECHNICAL OILS USING THE OSMOSIS PHENOMENON

N.D. Kovpanko, I.A. Ovchinnikov, A.A. Vatagin

Scientific Supervisor – **A. A. Vatagin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the application of the physical phenomenon of "osmosis" for the purification of technical oils used in the operation of refrigeration equipment and thermal stabilization devices. In order to achieve high purification rates, the possibility of introducing osmosis-based cleaning devices into existing oil purification devices is being considered.

Keywords: refrigeration equipment, oil, reverse osmosis, cleaning, filters, pressure, efficiency

Впервые явление осмоса было открыто французом Ж.А. Нолле в 1748 году. Физический смысл этого явления следующий: процесс самопроизвольного переноса одного вещества (с высокой концентрацией) через мембрану, которая не пропускает вещество с высокой концентрацией и таким образом разделяющая два раствора веществ на: высокую

концентрацию и низкую концентрацию, или другими словами на чистое вещество и концентрат.

Из-за своей особенности осмос получил широкое распространение в жизни человека, например: для опреснения морской воды, в медицине (очистка крови и ее компонентов, диализ), при выработке электроэнергии в прибрежной зоне и др. [1].

На практике, начиная с 1970 года чаще всего для проведения очистки чего-либо применяют обратный осмос – это процесс, в котором, при определенном усилии или давлении, вода проходит через полупроницаемую мембрану из более концентрированного в менее концентрированный раствор, при этом мембрана пропускает растворитель, но не пропускает некоторые растворённые в нём вещества, например: сульфаты, нитраты, ионы натрия, малые молекулы, красители и т.п. [2].

Рассмотрим схему процесса обратного осмоса на примере очистки воды (рис. 1). При воздействии усилия P на левую часть емкости, в которой находится раствор воды с высокой концентрацией различных веществ, она (вода) проходит через мембрану, которая не пропускает частицы определенного размера и таким образом получается, что в правую область сосуда поступает уже вода со значительной меньшей концентрацией различных веществ [3].

Обратный осмос также можно применять при очистке различных технических масел. В настоящее время уже создаются такие установки, которые включают в себе ступень с обратным осмосом [4].

В нашем случае явление обратного осмоса можно применить для очистки и фильтрации масла компрессоров холодильной техники. Это требуется из-за того, что как правило, универсального масла для компрессоров холодильных установок не существует в природе, так и при замене фреона одного на другой требуется замена масла компрессора. Применяя в установках очистки масла обратный осмос, по мимо других ступеней очистки, можно получить на выходе масло со степенью очистки 97-99 %.

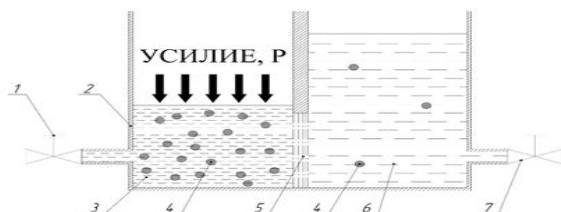


Рис. 1. Очистка воды обратным осмосом: 1, 7-запорные вентили, 2-сосуд, 3-загрязненная вода, 4-различные растворенные вещества, 5-мембрана, 6-очищенная вода

Для проверки степени очистки компрессорного масла был разработан стенд, схема которого представлена на рис. 2.

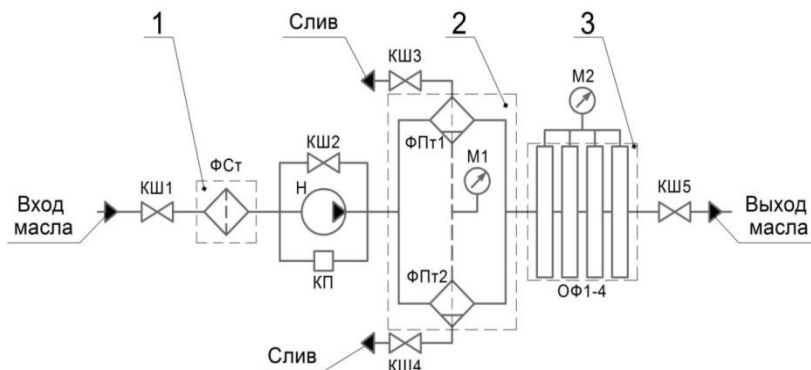


Рис. 2. Стенд для проверки степени очистки компрессорного масла:
1 – грубая фильтрация, 2 – средняя фильтрация, 3 – тонкая фильтрация;
КШ1-5 – кран шаровый, ФСт – фильтр сетчатый, Н – насос,
КП – клапан предохранительный, ФПт1-2 – фильтр патронный,
М1-2 – манометр, ОФ1-4 – осмотический фильтр

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ершов, Ю.А.* Общая химия. Издание восьмое, стереотипное. М.: Высшая школа, 2010. 559 с.
2. *Дытнерский Ю.И.* Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: «Химия», 1978. С. 176, 168. 352 с.
3. Обратный осмос. Очистка и фильтры обратного осмоса. URL: https://oil-filters.ru/reverse_osmosis_and_membranes/ (Дата обращения: 12.03.2023).
4. Регенерация технических масел. URL: <https://me-system.ru/oborudovanie/regeneratsiya-tehnicheskikh-masel/> (Дата обращения: 12.03.2023).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ЭЖЕКТОРНОГО ДОЗАТОРА ПЕНЫ УСТАНОВКИ ПОДАЧИ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ

Я.С. Кокорина, А.М. Иванов, Ю.А. Веткин, Д.С. Долгин

Научный руководитель – **Ю.А. Веткин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается вопрос применения струйных смесителей применительно к установкам получения пенообразователя установок пенного пожаротушения. Выполнен расчет внутренней геометрии эжекторного смесителя пенообразователя с водой. Выполнен эскиз эжекторного смесителя.

Ключевые слова: струйный аппарат, эжекторный дозатор, пенообразователь, система хранения и дозирования пенообразователя

DETERMINATION OF THE GEOMETRY OF THE EJECTOR FOAM DISPENSER OF THE FOAMING AGENT SUPPLY UNIT

Ya.S. Kokorina, A.M. Ivanov, Yu.A. Vetkin, D. S. Dolgin

Scientific supervisor – **Yu.A. Vetkin**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The question of the use of jet mixers in relation to installations for obtaining a foaming agent for foam extinguishing systems is considered. The calculation of the internal geometry of the ejector mixer of the foaming agent with water is performed. A sketch of an ejection mixer is made/

Key words: jet apparatus, ejector dispenser, foaming agent, storage and dosing system of foaming agent.

В промышленных системах пожаротушения в настоящее время находят применение системы пенного пожаротушения, в которых используется пена, образуемая путем смешения воды с пенообразователем. Эти системы достаточно компактны и надежны. Содержание пенообразователя в воде составляет 1 или 3 % по массе. В качестве устройств смешения пенообразователя с водой используются различные дозаторы: турбинные

осевые дозаторы, балансирующие дозаторы, эжекторные дозаторы. В основной своей массе это дозаторы импортного производства, доступ к которым, в силу ведения санкционной политики недружественными странами в настоящее время закрыт. В связи с этим возникла необходимость в проектировании подобного отечественного оборудования. В данной статье рассматривается вопрос определения геометрии эжекторного (струйного) дозатора для системы хранения и дозирования пенообразователя.

Струйные аппараты широко применяются в различных отраслях промышленности. Их принципиальной особенностью является повышение давления инжектируемого потока без непосредственной затраты механической энергии при простоте конструкции и отсутствии движущихся частей. Процесс работы таких аппаратов основан на передаче кинетической энергии от одного потока к другому путем их непосредственного контакта (смешения). Смешиваемые потоки могут находиться в одной и той же фазе (жидкой, паровой, газовой) или в разных фазах.

Конструкция эжекторного дозатора изображена на рис. 1.

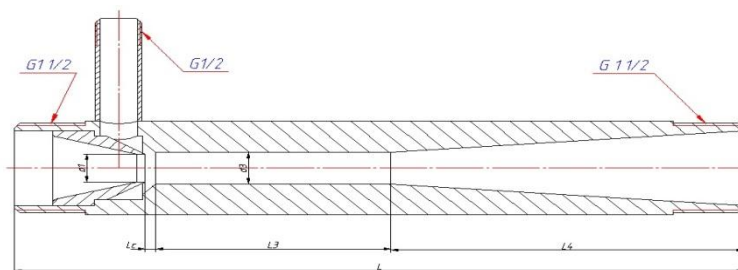


Рис. 1. Эскиз дозатора

Принцип работы дозатора заключается в том, что поток воды подаваемый в дозатор под давлением проходит через сужающееся сопло и передает свою энергию инжектируемому потоку пенообразователя. Далее две среды попадают в камеру смешения, где смешиваются. Затем в диффузоре происходит уменьшение скорости среды с одновременным увеличением давления. Полученная смесь выходит из эжектора.

Исходными данными для расчета являются: расход рабочей среды (воды), давление сред на входе в эжектор, массовая концентрация пенообразователя, удельные объемы сред.

Из анализа литературы [2] можно найти оптимальное соотношение площадей камеры смешения и сопла, соответствующее максимальному значению перепада давлений между рабочей средой и инжектируемой:

$$\frac{f_3}{f_{p1}} = \frac{(2-\varphi_3^2)\frac{v_c}{v_p}(1+u)^2 - \left(2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4}\right)\frac{v_i}{v_p}nu^2}{\varphi_2}, \quad (1)$$

где f_{p1} - площадь сопла; f_3 – площадь камеры смешения; $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ – коэффициенты расхода; v_p, v_i, v_c – удельные объемы рабочей среды, инжектируемой среды и смеси; u – коэффициент инжекции, n – отношение площади камеры смешения к площади инжектируемого потока, которое может быть определено по формуле (2).

$$n = \frac{f_3}{f_{i2}} = \frac{\frac{f_3}{f_{p1}}}{\frac{f_3}{f_{p1}} - 1}. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2) можно определить отношение площадей $\frac{f_3}{f_{p1}}$ и коэффициент инжекции u .

Далее из уравнения расхода неупругой рабочей среды через сопло можно выразить площадь сопла f_{p1} :

$$f_{p1} = \frac{G_p}{\varphi_1} \sqrt{\frac{v_p}{2(p_p - p_i)}}, \quad (3)$$

где G_p – расход рабочей среды; φ_1 - коэффициент расхода через сопло; p_p – давление рабочей среды; p_i – давление инжектируемой среды.

Получив значение площади сопла и зная отношение площади камеры смешения к площади сопла определяем площадь камеры смешения f_3 . Из площадей находим диаметры сопла и камеры смешения.

Расстояние от сопла до камеры смешения определяется по [2, стр. 69].

Осевые размеры эжектора определяются из рекомендуемых соотношений, полученных опытным путем. Длины камеры смешения и диффузора принимаются равными 6-10 диаметров камеры смешения каждая.

Расчет по указанной методике был реализован в среде Mathcad 14.

В результате расчета определены основные все необходимые размеры проточной части эжекторного дозатора: диаметр сопла, диаметр камеры смешения, расстояние от сопла до камеры смешения, длины камеры смешения и диффузора. Выполнен эскиз проточной части дозатора, изображенный на рисунке 1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПОЖНЕФТЕХИМ. URL: <http://www.pnx-spb.ru> (Дата обращения: 24.12.2022).
2. *Соколов, Е.А.* Струйные аппараты / Е.А. Соколов, Н.М. Зингер. 3-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат, 1989. 352 с.

ПОДБОР МАГНИТНОЙ МУФТЫ ДЛЯ АППАРАТА С ГЕРМЕТИЧНЫМ ПРИВОДОМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

И.П. Королев, И.А. Иванов, Ю.А. Веткин, Д.С. Долгин

Научный руководитель – **Ю.А. Веткин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Объектом исследования являются магнитные муфты в аппаратах с герметичным приводом перемешивающего устройства. Соответствующие аппараты применяются в химической промышленности для применения эмульсий и суспензий. Дан краткий обзор конструкции и применения данных муфт.

Ключевые слова: мешалка, перемешивающее устройство, привод, муфта магнитная, герметичный привод

SELECTION OF A MAGNETIC COUPLING FOR A DEVICE WITH A HERMETIC DRIVE OF A MIXING DEVICE

I.P. Korolev, I.A. Ivanov, Yu.A. Vetkin, D.S. Dolgin

Scientific Supervisor – **Y.A. Vetkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The object of the study is magnetic couplings in devices with a hermetic drive of the mixing device. The corresponding devices are used in the chemical industry for the application of emulsions and suspensions. A brief overview of the design and application of these couplings is given.

Keywords: agitator, mixing device, drive, coupling, sealed drive

Применение перемешивания в химической технологии применяется для улучшения теплообмена и массообмена, а также для получения равновесных смесей жидкостей, жидкости и газа. Основной задачей, в большинстве случаев, является равномерное распределение вещества или температуры в перемешиваемом объеме.

Существуют различные способы перемешивания, однако, наи-

большее распространение получили аппараты с механическим перемешивающим устройством.

Механические перемешивающие устройства, состоят и трех основных частей: вала, на котором закрепляется мешалка; мешалки, которая является рабочим элементом; и привода, которые передает механическую энергию на вал.

Герметичность вращающегося вала обеспечивается уплотнением, которое закрепляется к крышке аппарата. Тип уплотнения зависит от величины давления в аппарате и от свойств рабочей среды, а также от требуемых параметров герметичности. Одним из таких параметров является токсичность, взрыво- и пожароопасность среды. Из этого следует, что герметичные приводы способствуют расширению применения перемешивающих устройств, уменьшая выбросы токсичных сред в атмосферу.

Поэтому в ходе данного обзора будут рассмотрены конструкции магнитных муфт, а также материалы герметизирующих стаканов и типы магнитов.

Для обеспечения наибольшей герметичности аппарата используются магнитные муфты, которая передает крутящий момент бесконтактно через магнитное поле между внутренним и внешним роторами.

Принцип работы данных муфт заключается в том, что в состоянии покоя северный, а соответственно, и южный полюса находятся симметрично. При вращении ротора магнитные силовые линии приходят в движение, вследствие чего крутящий момент передается через зазор. Данная система также выполняет роль предохранителя, так как при превышении максимального крутящего момента, угол сдвига переходит с рабочего значения, в фазу свободного вращения, следовательно удастся избежать повреждения мешалки и вала.

Отделение продукта от атмосферы реализуется с помощью герметичного стакана, который разделяет внутренний ротор от внешнего, что в свою очередь обеспечивает отделение продукта от атмосферы. Преимуществом данного уплотнения является то, что оно выполняется статически, то есть без динамически нагруженных элементов.

Герметизирующий стакан выполняется как металлическим, так и неметаллическим. По области применения металлические стаканы имеют более широкий диапазон применений, однако имеют и свои значительные недостатки, например, создают вихревые токи, влекущие потери при передаче крутящего момента, а также требуется дополнительное охлаждение.

Для устранения данных проблем используются стаканы из технической керамики и термопластичный полимеров, в частности PEEK. Однако при переходе на альтернативные материалы, для избавления от вихревых токов, снижается крутящий момент и максимальное давление

внутри аппарата, что ограничивает применение в тех или иных процессах.

Муфта состоит из внешнего и внутреннего ротора. Внешний ротор снабжен высококачественными постоянными магнитами с переменной полярностью, закрепленными с внутренней стороны, а внутренний оснащается ими снаружи.

Внешний ротор обычно фиксируется с ведущей стороны, магниты которого приклеиваются к пазам. В свою очередь магниты внутреннего ротора, закрепленного со стороны нагрузки, полностью герметизируются, то есть ротор присоединяется к валу мешалки внутри аппарата. Чаще всего применяются системы постоянных магнитов SmCo или NdFeB.

Система постоянных магнитов SmCo/SmCo рассчитана для работы при температуре до 300 °С и номинального значения крутящего момента со 100 % до 70 %.

В свою очередь, система постоянных магнитов SmCo/NdFeB для температур до 150 °С при крутящем моменте от 110 % до 85 % при номинальном значении, график зависимости представлен на рис. 1.

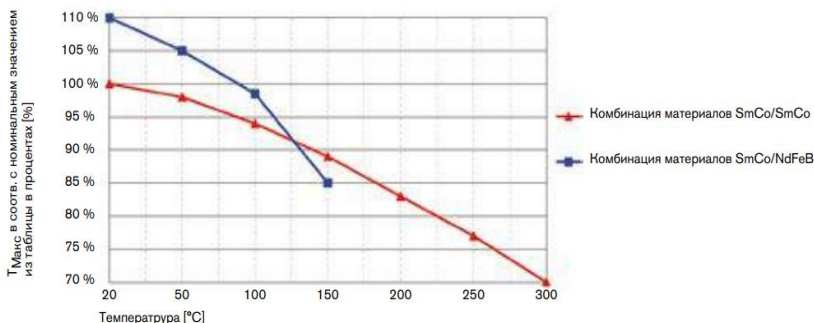


Рис. 1. Временное снижение крутящих моментов при повышении температуры для указанных комбинаций материалов

Таким образом, в докладе представлены основные области применения магнитных муфт, а также рассмотрен принцип работы и конструктивные отличия материалов для изготовления современных магнитных муфт.

Для применения герметичных приводов с магнитными муфтами, необходимо учитывать коррозионную стойкость материалов муфты к средам, находящимся внутри аппарата, а также давлению процесса, что-

бы сохранить герметичность аппарата и избежания выбросов в окружающую среду токсичных, взрыво- и пожароопасных сред.

Применение герметичных приводов с магнитными муфтами является альтернативой приводов с торцовыми уплотнениями и отличается от них более простой и надежной конструкцией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог магнитных муфт MINEX-S. URL: <https://tvita.ru/wp-content/uploads/2019/06/ktf-6.pdf> (Дата обращения: 8.03.2023)
2. Перемешивающие устройства. URL: <https://studfile.net/preview/3914979/page:2/> (Дата обращения 8.03.2023).
3. Уплотнения вращающихся валов. URL:<https://studfile.net/preview/15911639/page:8/> (Дата обращения: 9.03.2023).
4. Каталог торцевых уплотнений EagleBurgmann. URL: https://ptknovator.ru/data/documents/Katalog-Torcevyh-uplotneniy-EagleBurgmann_Catalog-Mechanical_seals-2015.pdf (Дата обращения 9.03.2023).
5. Каталог продукции ООО «Машхим». URL: https://mashhim.ru/assets/files/Cataloge_Mashhim_2013.pdf (Дата обращения: 10.03.2023)
6. Каталог продукции ЗАО «Гидрогаз». URL: <http://hydrogas.ru/files/katalog-2019.pdf> (Дата обращения: 10.03.2023).
7. Патент RU2418626 «Герметичное перемешивающее устройство». URL:<https://findpatent.ru/patent/241/2418626.html> (Дата обращения 10.03.2023).

РАЗРАБОТКА ТАРЕЛКИ ОТПАРНОЙ КОЛОННЫ УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ

Д.А. Крутилов, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова

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

Ярославский государственный технический университет

Объектом исследования является отпарная колонна установки изомеризации фракций C_5-C_6 . Соответствующие аппараты применяются в различных технологических схемах для удаления воды, легких газов и паров из гидроочищенного сырья.

Ключевые слова: нефтепереработка, изомеризация, колонный аппарат, глубокая переработка нефти, тарелка, фракции C_5-C_6

DEVELOPMENT OF THE PLATE OF THE STEAM COLUMN OF THE ISOMERIZATION UNIT

D.A. Krutilov, A.E. Lebedev, A. B. Kapranova

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Professor;

A.B. Kapranova Associate of Physical and Mathematical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The object of the study is the steam column of the C_5-C_6 fraction isomerization unit. The corresponding devices are used in various technological schemes for the removal of water, light gases and vapors from hydrotreated raw materials.

Keywords: oil refining, isomerization, column apparatus, deep oil refining, plate, fractions C_5-C_6

Изомеризация – это процесс преобразования какого-либо химического соединения в его изомер, в результате получится соединение, обладающее тем же составом и той же молекулярной массой, но отличающиеся расположением ионов, атомов и молекул, так же

физическими и химическими свойствами. В следствии изомеризации топлива происходит повышение октанового количества низкооктановых фракций нефти.

Изомеризация возможна для легких алканов бутана, пентана и гексана. Это фракция с температурами выкипания 28-70 °С называется - легкая нефть. В настоящее время проходят объемные исследования по возможности изомеризации более тяжелых фракций нефти.

В глубокой нефтепереработке на данный момент активно используются два основных типа повышения октанового числа:

- с рециклом;
- однопроходной.

Рецикл используется для увеличения октановых чисел, примерно с 70 по 92 число. Сам процесс происходит с помощью выделенной смеси низкооктановых компонентов, которая в последствии возвращается в рецикл.

Однопроходная изомеризация, это увеличение октанового числа, возможно повысить его лишь с 72 до 83 пунктов.

Изомеризации бензиновых фракций – очень эффективный способ повышения качества топлива. Имеет следующие преимущества: невысокая стоимость, добавление изомеризата к другим компонентами товарных бензинов понижает содержание вредных веществ и позволяет получать продукцию близкую по своим свойствам к свойствам, которые требует технологический регламент Евро-3 и Евро-4.

Объектом исследования является отпарная колонна установки изомеризации, детально рассмотрена колонна секции гидроочистки для удаления примесей из нестабильного гидрогенизата. Само удаление происходит в ходе процесса ректификации.

Ректификация – это один из способов разделения многокомпонентных смесей, основанный на тепломассообмене между стекающей вниз жидкой фазой и поднимающимся вверх паром. Сам процесс тепломассообмена основывается на непрерывном обмене теплом и отдельными компонентами между жидкой и паровой фазами. Массообмен происходит из-за различия составов взаимодействующих, которые отличаются от равновесных.

Основным типом аппаратов для ректификации является колонна. Основная задача ректификационной колонны: увеличение поверхности контакта фаз и создания необходимых условий для эффективного взаимодействия потоков. Поток пара создается за счет подогревания легкокипящего компонента в кубе колонны. Поток жидкости создается за счет конденсации легкокипящего компонента (дистиллята) и разделения его на 2 потока (целевой продукт и флегма). Взаимодействие

потоков осуществляется в специальных контактных устройствах: тарелки, насадки.

Тарельчатые колонны обеспечивают равномерное распределение жидкости по всему контактному элементу и аппарату. Они используются при высокой производительности для широкого интервала нагрузок по пару и жидкости, способны четко разделить смесь.

К достоинствам тарельчатых колонн относятся: широкий рабочий диапазон нагрузок по жидкой и паровой фазам, немалая площадь контакта фаз, эффективная гидродинамическая обстановка на ступенях контакта, возможность чистого разделения.

К недостаткам относится стоимость и немалые габариты колонны в высоту, трудности монтажа.

В наше время в аппаратах на НПЗ используются множество различных конструкций контактных устройств, различных по своим показателям. Вместе с колпачковыми тарелками, которые до сих пор эксплуатируются на старых производствах, широкое распространение на установках получили S-образные, клапанные (пластинчатые, дисковые) и другие типы контактных устройств.

Зачастую в одной колонне используется несколько типов контактных устройств. Это объясняется различием паровых и жидкостных нагрузок.

Клапанные тарелки сочетают в себе ряд преимуществ таких как: простота и быстрота сборки, металлоемкость, равномерный барботажный слой, что позволило им стать самым распространенным типом тарелки. Данный тип тарелок применяют в большинстве колонн, участвующих в процессах нефтепереработки.

Секция предназначена для гидрирования сера-, азото-, кислородоорганических веществ, которые являются дезактивирующими компонентами процесса изомеризации, и последующей отпаркой продуктов гидрогенизации в отпарной колонне.

В колонне используются 34 тарелки клапанного типа. Нагретое сырье поступает в качестве питания на 18 тарелку. С низа отпарной колонны выводится продукт куба – стабильный гидрогенизат. С верха отпарной колонны выводится верхний продукт – пары углеводородов, воды, аммиак, водород и сероводород.

Разработка тарелки отпарной колонны подразумевает под собой: проектирование тарелки, расчет процесса, протекающего на тарелке, моделирование потоков, расчет количества тарелок необходимого для качественного отделения.

Тарелка будет иметь спиралеобразный борт для сохранения определенного уровня сырья на тарелке, это значит, что поток нестабильного гидрогенизата, будет течь по спиралевидной траектории,

что позволит увеличить время пребывания жидкости на тарелки, следовательно уменьшит количество необходимых тарелок в колонне. В качестве контактного элемента предполагается использование клапанов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кастакин, А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 780 с.
2. *Александров, И.А.* Ректификационные и абсорбционные аппараты. М.: Химия, 1965. 310 с.
3. *Скобло, А.И.* Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. М.: ООО «Недра-бизнесцентр», 2000. 677 с.
4. *Кузьмина, Р.И.* Изомеризация – процесс получения экологически чистых бензинов/ Р.И. Кузьмин, М.П. Фролов, В.Т. Ливенцев. Самара.: СамГТУ, 2008. 88 с.
5. *Козлов, Б.И.* Процессы алкилирования изомеризации и полимеризации в нефтепереработке. М.: Химия, 1990. 64 с.

ОСЕВОЙ РЕГУЛИРУЮЩИЙ КЛАПАН

О.В. Мишанин, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова

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

Ярославский государственный технический университет

Разработана новая конструкция осевого регулирующего клапана позволяющего эффективно регулировать расход жидких сред в условиях кавитации

Ключевые слова: клапан, регулирующие клапана, прямоточный регулирующий клапан

AXIAL CONTROL VALVE

O.V. Mishanin, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Professor;
A.B. Kapranova – Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

A new design of an axial control valve has been developed to effectively regulate the flow of liquid media in cavitation conditions

Keywords: valve, control valves, direct-flow control valve

Регулирующая арматура используется практически на всех типах трубопроводных систем. Осевые регулирующие клапана являются наиболее эффективной конструкцией. Они позволяют при низком гидравлическом сопротивлении регулировать расход жидких сред. Проанализировав существующие конструкции осевых клапанов(рис.1.) нами были разработана новая конструкция клапана(рис.2.).

Прямоточный регулирующий клапан содержит внешний корпус 1, входной и выходной патрубки 2 и 3 соответственно, фланцы 4 и 5,

делитель потока, выполненный в виде перфорированного полого цилиндра 6, с отверстиями 7. Запирающее устройство представляет собой цилиндро-коническую обечайку 8, коническая часть которой установлена со стороны выходного патрубка 3.

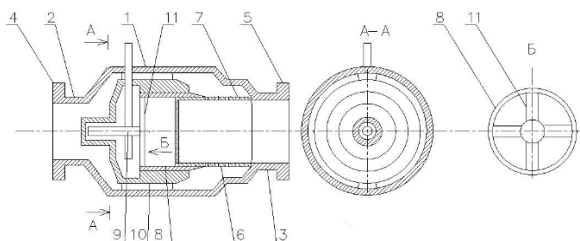
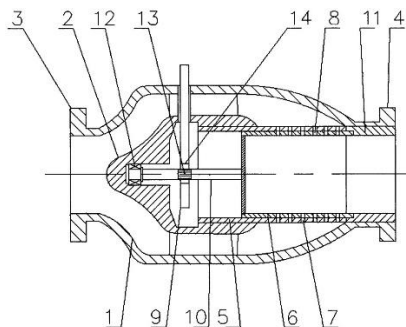


Рис. 1. Осевой регулирующий клапан



Фиг.1

Рис. 2. Осевой регулирующий клапан улучшенный

Привод поступательного движения обечайки 8 осуществляется от реечного механизма 9. На внутренней поверхности, в зоне цилиндрической части обечайка 8 снабжена радиальными перегородками 11, соединенными с реечным механизмом 9. Обечайка 8 своей цилиндрической частью взаимодействует с внутренней поверхностью внутреннего корпуса 10. Жесткое крепление 12, и плавающее крепление 14.

В полностью открытом положении (крайнее левое положение обечайки 8, при котором открыты все отверстия 7 в перфорированном полом цилиндре 6) жидкость поступает во внутренний объем внешнего корпуса 1 через входной патрубок 2. Далее поток проходит вдоль клапана, обтекая внутренний корпус 10, и направляется к отверстиям 7

перфорированного полого цилиндра 6. Проходя через них жидкость попадает в выходной патрубок 3.

Процесс регулирования в данном клапане осуществляется путем перекрытия отверстий 7 перфорированного цилиндра 6 поступательно движущейся обечайкой 8, внутренняя поверхность которой взаимодействует с внешней поверхностью перфорированного полого цилиндра 6 и при перемещении открывает (движение влево) или закрывает (движение вправо) отверстия 7.

Закрытие всех отверстий 7 обечайкой 8 соответствует полностью закрытому клапану (крайнему правому положению обечайки 8).

Промежуточные положения обечайки 8 соответствуют частичному перекрытию отверстий 7 (часть отверстий открыта, часть закрыта обечайкой).

Предлагаемый прямооточный регулирующий клапан имеет сравнительно простую конструкции, позволяет существенно разгрузить запирающее устройство, снизить нагрузки на привод и уменьшить турбулентность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 175446 Российская Федерация. Прямоточный регулирующий клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, Д.В. Воронин, С.В. Неклюдов, Е.Г. Серов. Оpubл. 10.02.2016.
2. *Гуревич, Д.Ф.* Трубопроводная арматура. Справочное пособие. Ленинград, 1981.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОТОКА В СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ

И.А. Овчинников, Е.В. Пшеничникова, А.А. Ватагин

Научный руководитель – **А.А. Ватагин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматривается движение потока циркулирующей, охлаждающей жидкости в трубопроводе системы охлаждения, с целью определения застойных зон, скорости течения жидкости и определения местных сопротивлений

Ключевые слова: система охлаждения, охлаждающая жидкость, интенсивность турбулентности, участок трубопровода, скорость потока

INVESTIGATION OF THE HYDRODYNAMIC STRUCTURE OF THE FLOW IN THE COOLING SYSTEM

I. A. Ovchinnikov, Y. V. Pshenichnikova, A. A. Vatagin

Scientific Supervisor - **A. A. Vatagin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The paper considers the movement of the circulating coolant flow in the cooling system pipeline in order to determine stagnant zones, fluid flow velocity and determine local resistances.

Keywords: cooling system, cooling liquid, turbulence intensity, pipeline section, flow rate

С целью обеспечения правильной и надежной работы системы охлаждения, требуется, при проектировании, проводить исследования структуры потока циркулирующей охлаждающей жидкости: гликоль, масло или иной хладоноситель. Одними из важных параметров трубопроводной сети, являются: скорость течения жидкости, давление в системе и интенсивность турбулентности (ϵ , %) [1].

Выполним исследование течения жидкости (ОЖ-65 [2]) в элементе трубопровода системы охлаждения в программном продукте SolidWorks:

FlowSimulation. На рис. 1 представлен участок трубопровода сложной конструкции с заданными условиями. Задаем объемный расход на входе и выходе участка трубопровода, согласно закону гидравлики – расход на входе, должен быть равен расходу на выходе, также задаем статическое давление в участке трубопровода.

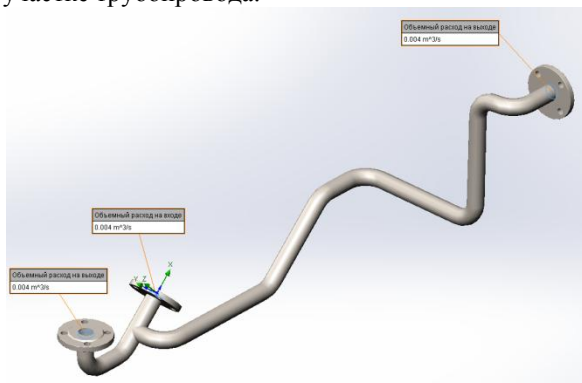


Рис. 1. Участок трубопровода системы охлаждения
Объемный расход на входе/ выходе = $0,004 \text{ м}^3/\text{с}$, $P_{\text{ст}} = 1 \text{ атм}$

После ввода начальных условий, задаем цели исследования: скорость течения жидкости и интенсивность турбулентности [3]. При помощи метода конечных элементов программа выдает результаты расчета (рис. 2 и рис. 3), для удобства стенки участка трубопровода сделаем прозрачными.

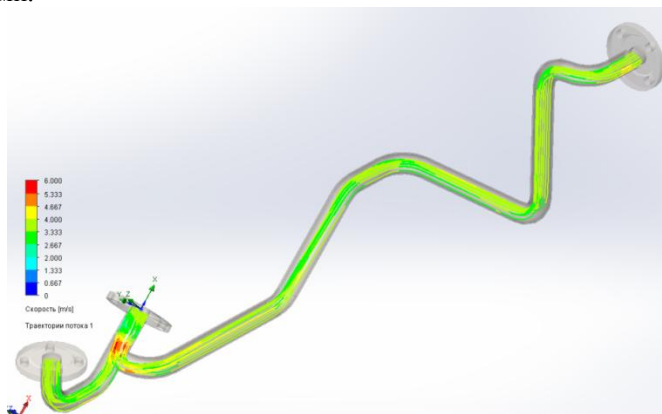


Рис. 2. Скорость потока жидкости на участке трубопровода
 $V_{\text{min}} \approx 3 \text{ м/с}$, $V_{\text{max}} \approx 6 \text{ м/с}$

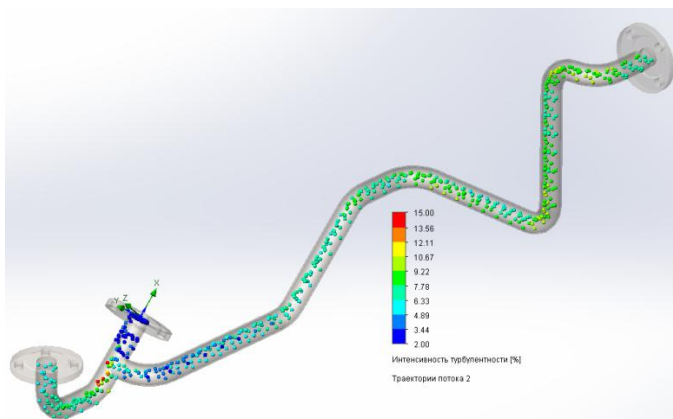


Рис. 3. Интенсивность турбулентности на участке трубопровода
 Min = 2%, Max = 15%

По полученным результатам (рис. 2), можно сделать вывод, что на всех участках трубопровода скорость равномерная, с локальным максимумом в зоне разветвления (тройник).

Результаты исследования интенсивности турбулентности (рис. 3) показывают, что ϵ изменяется в пределах от 2 до 15 %. Согласно [4], если ϵ находится в пределах 5-20 %, то это сильно турбулизированное течение, характерное для участков сложной геометрии, если ϵ находится в пределах 1-5 %, то это движение со средней турбулентностью (средняя скорость и каналы не сложной формы).

Таким образом проведенные расчеты свидетельствуют о нормальном течении рабочей жидкости в представленном сложном трубопроводе. Для улучшения структуры потока, можно снизить количество местных сопротивлений в виде отводов и тройников, сделать более плавные переходы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М., «Химия», 1973. С. 40-42, 46, 647.
2. ГОСТ 28084-89. Жидкости охлаждающие низкотемпературные. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2007 год. 15 с.
3. Программный продукт SolidWorks: FlowSimulation URL: <https://www.solidworks.com/ru/product/solidworks-flow-simulation> (Дата обращения: 11.03.2023).
4. Валуева, Е.П. Введение в механику жидкости: учебное пособие / Е.П. Валуева, В.Г. Свиридов. М.: Изд-во МЭИ, 2001. С. 142 - 145.

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПРЯМОТОЧНОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА

Ф.С. Орлов¹, А.Е. Лебедев²

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор

¹ЗАО "НПО Регулятор"

²Ярославский государственный технический университет

Прямоточные регулирующие клапаны являются одними из наиболее перспективных устройств для регулирования расходов жидких и газообразных сред в химической и других отраслях промышленности. Авторами разработана новая конструкция клапана, позволяющая эффективно противодействовать возникновению кавитации

Ключевые слова: клапан, регулирование расхода, кавитация, поток

NEW DESIGN OF THE DIRECT-FLOW CONTROL VALVE

F.S. Orlov¹, A.E. Lebedev²

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

¹ZAO "NPO Regulyator"

²Yaroslavl State Technical University

Direct-flow control valves are one of the most promising devices for regulating the flow of liquid and gaseous media in chemical and other industries. The authors have developed a new valve design that allows to effectively counteract the occurrence of cavitation

Keywords: valve, flow control, cavitation, flow

Проанализировав недостатки существующих конструкций регулирующих клапанов прямоточного типа была разработана новая конструкция, схема которой показана на рис. 1.

Прямоточный регулирующий клапан содержит два корпуса: внешний 1 и внутренний 2, входной 3 и выходной 4 фланцы. Для разбиения потока на струи используется делитель потока, - перфорированный цилиндр 5, соосно которому размещен запирающий орган 6. На поверхности перфорированного цилиндра 5 имеются отверстия 7, а на запирающем органе 6 - отверстия 8. Запирающий орган 6 соединяется с реечным приводом 9 при помощи штока 10. В выходном фланце 4 вставлена расширительная втулка 11. С целью обеспечения запирающему органу возможности поворота вокруг своей оси, концевой участок штока 10 установлен в полости внутреннего корпуса 2 при помощи подшипника 12, а в зоне выходного фланца за счет цилиндрического выступа, выполненного в расширительной втулке 11. Для осуществления поворота запирающего органа на поверхности штока 10 и реечного привода 9 выполнены находящиеся в зацеплении зубчатые венцы 13 и 14.

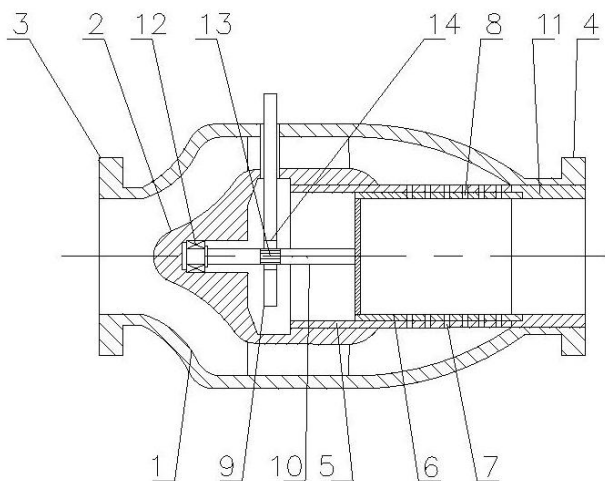


Рис. 1. Прямоточный регулирующий клапан

Прямоточный регулирующий клапан работает следующим образом.

Жидкость поступает через входной фланец 3 в полость между внутренней поверхностью внешнего корпуса 1 и наружной поверхностью внутреннего корпуса 2, обтекает внутренний корпус и направляется через отверстия 7 и 8 в перфорированном цилиндре 5 и запирающем органе 6 к выходному фланцу 4.

При полностью открытом клапане запирающий орган 6 повернут относительно перфорированного цилиндра таким образом, что оси отверстий 7 и 8 совпадают, то есть имеет место полное открытие (совпадение) отверстий. Для уменьшения расхода запирающий орган поворачивается относительно своей оси, при этом происходит смещение осей отверстий 8 и проходное сечение, через которое проходит жидкость, уменьшается. При полностью закрытом клапане отверстия полностью закрыты.

Для осуществления поворота запирающего органа 6 относительно своей оси на поверхности штока 10 и реечного привода 9 выполнены находящиеся в зацеплении зубчатые венцы 13 и 14. Это обеспечивает поворот запирающего органа 6 при вертикальном перемещении реечного привода 9. При этом концевой участок штока 10 установлен в полости внутреннего корпуса 2 при помощи подшипника 12, а в зоне выходного фланца крепится за счет цилиндрического выступа (упирается в его поверхность), выполненного в расширительной втулке 11.

Благодаря тому, что запирающий орган установлен возможностью поворота вокруг своей оси, в предлагаемом клапане удастся исключить поступательное движение запирающего органа, что позволяет снизить нагрузки в приводе и снизить кавитационные эффекты за счет уменьшения турбулизации потока.

Одинаковая форма отверстий в перфорированном цилиндре и запирающем органе и размещение кольцевыми рядами, позволяет обеспечить одинаковое перекрытие всех отверстий одновременно. Это позволит обеспечить постоянный характер течения жидкости через все отверстия одновременно (перекрываются все отверстия сразу на одну и ту же величину), что невозможно достичь при поступательном перемещении запирающего органа, когда в процессе регулирования часть отверстий полностью перекрывается, а часть остается полностью открытыми при этом усиливаются кавитационные эффекты.

С целью полного совпадения осей отверстий и их одинакового перекрытия расстояния между рядами, расстояние до края выходного фланца от ближайшего к нему ряда отверстий и угловой шаг между центрами отверстий в перфорированном цилиндре и запирающем органе выполнены одинаковыми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2657371 Российская Федерация. Прямоточный регулирующий клапан / А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, А.М. Мельцер, Д.В. Воронин, С.В. Неклюдов Е.М. Серов. Опубл. 13.06.2018. Бюл. № 17.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОНАГРУЖЕННОСТИ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Е.В. Пшеничникова, Н.Д. Ковпанько, А.А. Ватагин

Научный руководитель – **А.А. Ватагин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В работе рассматриваются явления вибрации и шумов, возникающих в результате работы вентилятора, насоса и силовой конструкции (каркас) в системе охлаждения, а также проведен анализ уровня вибраций и шумов, с целью их уменьшения

Ключевые слова: уровень вибрации, шумы, шумомер, виброметр, вентилятор, насос, каркас, точки замера

INVESTIGATION OF VIBRATION LOADING OF POWER STRUCTURES

Y.V. Pshenichnikova, N.D. Kovpanko, A.A. Vatagin

Scientific Supervisor – **A.A. Vatagin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The paper considers the phenomena of vibration and noise resulting from the operation of the fan, pump and power structure (frame) in the cooling system, and also analyzes the level of vibrations and noise in order to reduce them

Keywords: vibration level, noises, sound level meter, vibrometer, blower, pump, frame, measuring points

При проектировании холодильных машин стоит учитывать различные шумы и вибрации от работающих агрегатов: компрессор, насос, вентилятор и др. Воздействие, оказываемое перечисленными агрегатами, может пагубно влиять на персонал и операторов в зоне монтажа холодильной машины, согласно СНиПам.

Таким образом целью работы, является исследование уровня вибраций, возникающих от работающих агрегатов и от силовых конструкций в рабочей зоне оператора от холодильных машин. Вибрации характери-

зуются параметрами: виброскорость, виброускорение или виброперемещение.

Рассмотрим работу вентилятора, на примере вентилятора 220ВО-12-2А [1]. На рисунке 1 изобразим точки замера вибраций от работающего вентилятора. Замеры производились при помощи устройства Алгоритм 05 шумомер, виброметр [3].

Замеры показали, что значения вибраций находятся в пределах установленных заводом-изготовителем. В противном случае, произошло бы разрушение вентилятора.

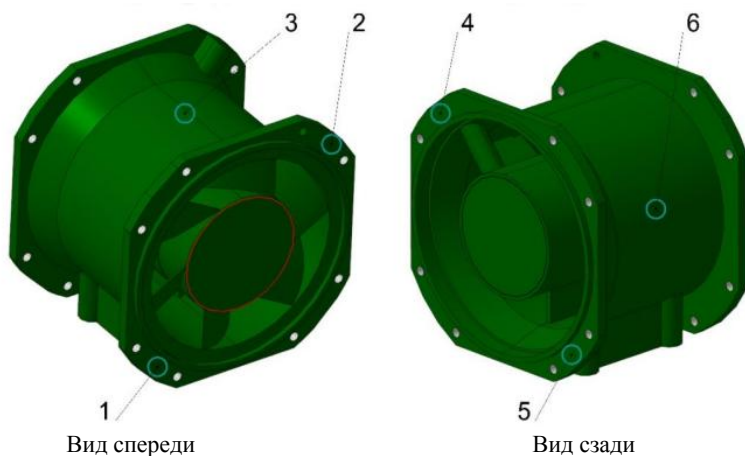


Рис. 1. Точки замера вентилятора 220ВО-12-2А

Рассмотрим работу насоса Grundfoss CRN 10-8 [2]. На рис. 2 изобразим точки замера вибраций от работающего насоса. Замеры производились при помощи специального устройства [3].

Замеры показали, что значения вибраций в точках 1-4 (точки крепления) имеют повышенные значения, поэтому требуется установка виброгасящих пластин или специальных амортизаторов, либо установка насоса на более жесткой раме, с целью окончательного гашения вибраций.

Каждый, работающий агрегат устанавливается на силовую конструкцию: рама, каркас, кожух и т.п., поэтому с целью обеспечения требований СНиП [4] по уровню вибраций выполним проверку каркаса холодильной машины.

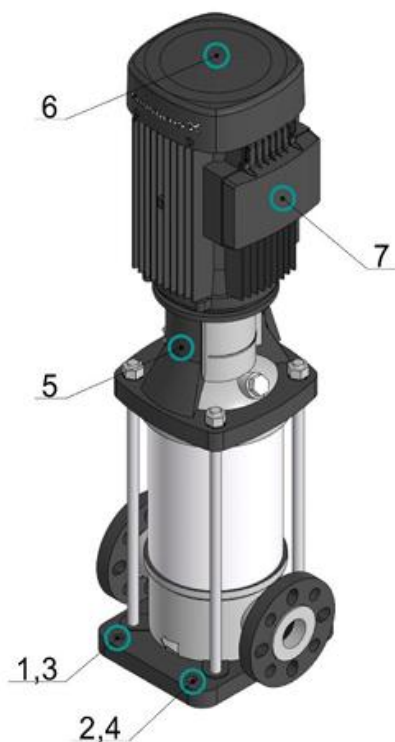


Рис. 2. Точки замера насоса Grundfos CRN 10-8

Точки замера представлены на рис. 3. Замеры производились при помощи виброметра [2]. Выполненные замеры показали, что значения вибраций в точках 1, 2, 7 – 14 имеют значения, превышающие допустимые. В точках 1 и 2 это связано с тем, что выделенное место является площадкой для установки вертикального поршневого компрессора. В точках 7 – 14 также наблюдается повышение уровня вибрации, указанные точки являются местами крепления агрегата, которые выполнены из гнутого листового профиля. С целью снижения вибраций в указанных точках требуется повысить жесткость, заменить гнутый профиль на цельный прокат, а также добавить виброгасящие пластины.

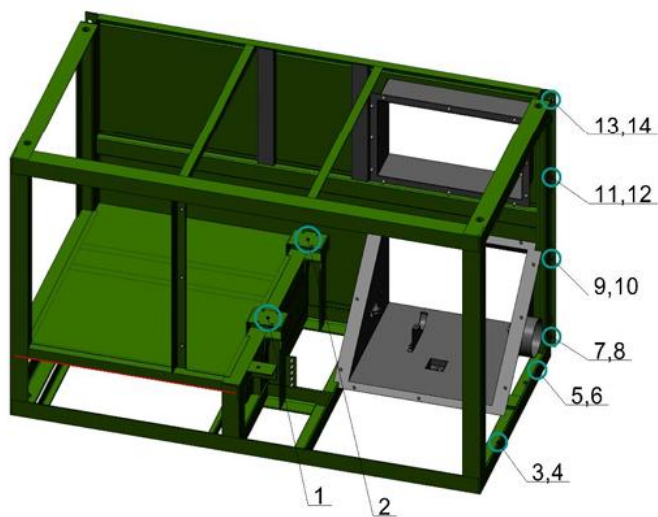


Рис. 3. Точки замера силовой конструкции (каркас)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паспорт вентилятора 220BO-12-2A. URL: <https://eandc.ru/pdf/dvigateli/vo-a.pdf> (Дата обращения: 12.03.2023).
2. Паспорт насоса Grundfoss CRN 10-8. URL: <https://www.c-o-k.ru/library/instructions/grundfos/nasosnye-stancii-i-spec-nasosy/1324/15101.pdf> (Дата обращения: 12.03.2023).
3. Руководство по эксплуатации Алгоритм 05. URL: https://algorithm.ru/upload/files/alg05_site.pdf (Дата обращения: 12.03.2023).
4. Строительные нормы и правила РФ. URL: <http://sniprf.ru/> (Дата обращения: 12.03.2023).
5. Куцубина, Н.В. Теория виброзащиты и акустической динамики машин: учебное пособие / Н.В. Куцубина, А.А. Санников. Екатеринбург: Изд-во Уральск. гос. лесотехн. ун-та, 2014. С. 43-48, 118-128.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПОРЫ КОЛЬЦЕВОГО ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

А.В. Сажин, В.А. Тихомиров, А.В. Проворов

Научный руководитель – **А.В. Проворов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Предлагается методика расчета оптимальных конструктивных параметров опоры кольцевого воздухораспределителя. Приводятся пример расчета и трехмерная модель опоры, построенная по результатам расчета.

Ключевые слова: опора кольцевого воздухораспределителя, топологическая оптимизация, оптимальные параметры, расчет

OPTIMIZATION OF THE DESIGN AND NUMERICAL STUDY OF THE RING AIR DISTRIBUTOR SUPPORT

A.V. Sazhin, V.A. Tikhomirov, A.V. Provorov

Scientific supervisor – **A.V. Provorov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A method for calculating the optimal design parameters of the ring air distributor support is proposed. An example of the calculation and a three-dimensional model of the support constructed based on the results of the calculation are given.

Keywords: ring air distributor support, topological optimization, optimal parameters, calculation

Одной из проблем эксплуатации регенератора установки каталитического крекинга [1] является локальный перегрев стенки днища в месте крепления опор кольцевых воздухораспределителей. Опора представляет собой массивную сварную конструкцию, жестко закрепленную на стенке днища. Аппарат изнутри футерован слоем торкрет-бетона, что не позволяет его стенке нагреваться более 300 °С при рабочей температуре внутри аппарата 700 °С. Нижняя часть опоры также находится в слое торкрет-бетона, однако в случае нагрева верхней части опоры тепло передается к стенке днища за счет теплопередачи материала, что приводит к локальному перегреву днища и снижению его прочности.

Целью работы являлось численное исследование напряженного состояния и совершенствование конструкции опоры кольцевого воздухораспределителя для снижения нагрева стенки аппарата. Применялась технология топологической оптимизации.

Топологическая оптимизация (ТО) – это технология автоматизированного проектирования, которая используется для оптимизации формы, количества и взаимного расположения вырезов в детали, которые уменьшают ее массу на заданную величину [2].

Целевой функцией ТО является жесткость конструкции. ТО позволяет подобрать такую форму и структуру детали, которая обеспечивает ее максимальную жесткость при заданном снижении массы. Снижение массы детали достигается путем удаления определенной части материала из 3D модели, количество этого материала заранее определяется пользователем. Оставшийся материал распределяется оптимальным образом в соответствии с критерием оптимизации и заданными ограничениями. Предполагается, что снижение массы детали приведет к снижению теплопередачи через опору и уменьшению возможного локального перегрева стенки аппарата.

ТО использует метод конечных элементов. Для исходной трехмерной модели задаются материал, граничные условия, параметры сетки КЭ. Затем анализируется напряженное состояние модели, и удаляется часть элементов таким образом, чтобы оставшиеся элементы работали наиболее эффективно. Можно сказать, что из модели удаляется часть ненагруженного материала, в наименьшей степени влияющего на жесткость и прочность детали. В результате получается максимально жесткая, равномерно нагруженная и, что важно, облегченная конструкция детали.

В системе Компас-3D была спроектирована 3D модель опоры и проверена на прочность методом конечных элементов. Результаты проверки представлены на рис. 1. Максимальные напряжения (близкие к 150 МПа) возникают на небольшом участке конструкции, а значительная часть модели недогружена.

Инструментами топологической оптимизации ARMPFEM, интегрированными с Компас-3D, была сгенерирована модель в виде 3D-сети, которая обеспечивает работу модели под нагрузкой, при сохранении ее прочностных свойств. Эта сеть совмещается с исходной моделью и становится шаблоном для создания новой формы опоры (рис. 2).

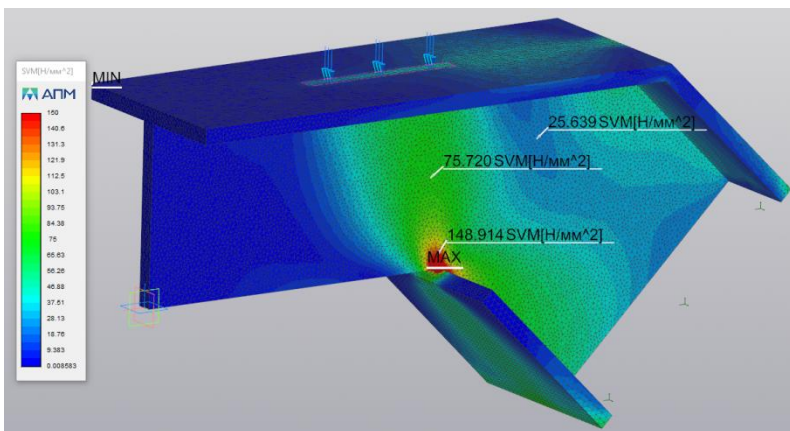


Рис. 1. Результаты расчета исходной модели на прочность

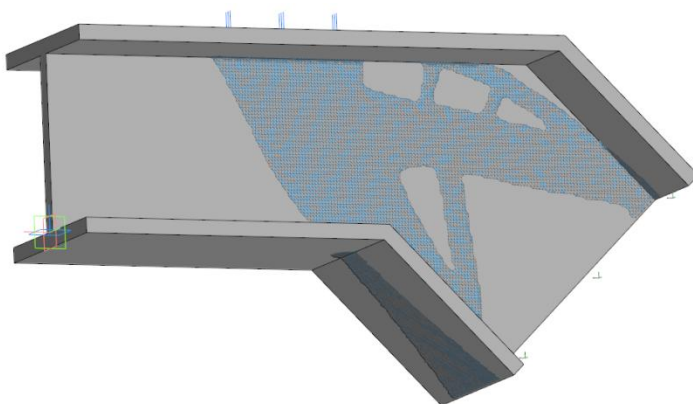


Рис. 2. Сеть, сгенерированная программой

В процессе редактирования исходная деталь преобразована в новую модель опоры, которая была рассчитана на прочность. Результаты представлены на рис. 3. Расширенная часть верхней площадки и хвостовик сформированы из конструктивных соображений, они необходимы для крепления кольцевого воздухораспределителя.

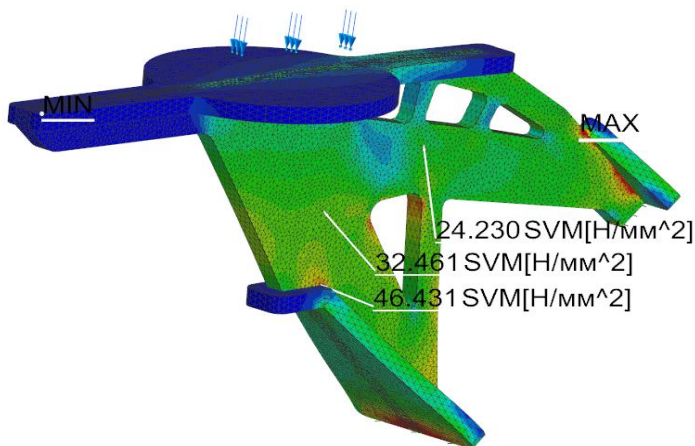


Рис. 3. Распределение напряжений по Мизесу

Видим, что конструкция опоры нагружена более равномерно, чем исходная модель. Напряжения в основной рабочей части опоры снизились с 75,7 МПа до 46,4 МПа. Максимальное напряжение по Мизесу равно 64 МПа, что меньше допускаемого напряжения для стали 09Г2С - $[\sigma] = 151$ МПа. Узел выдерживает заданные нагрузки. Условие прочности выполняется.

В результате топологической оптимизации массу опоры удалось снизить со 162 кг до 60 кг.

Выполнение вырезов в опоре и уменьшение размеров ее поперечного сечения должно привести к снижению теплопередачи через тело опоры и выравниванию температуры стенки конического днища аппарата. Исследование теплопередачи в опоре является целью дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гуданов, И. С.* Современные технологии и оборудование углублённой переработки нефти. Каталитический крекинг. Часть 2. Технологическое оборудование установок каталитического крекинга: Учеб. пособие. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2015. 180 с.
2. *Кин, Ф.* Порождающее проектирование порождает новую эру высокоэффективных продуктов. URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19337 (Дата обращения: 28.02.2023).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОРЫ ПОСТОЯННОГО УСИЛИЯ КОНСТРУКЦИИ WITZENMANN

В.А. Тихомиров, К.С. Шлыков, А.В. Проворов

Научный руководитель – **А.В. Проворов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Предлагается методика расчета оптимальных конструктивных параметров опоры постоянного усилия. Приводятся пример расчета и трехмерная модель опоры, построенная по результатам расчета.

Ключевые слова: опора трубопровода, постоянное усилие, оптимальные параметры, расчет.

DESIGN OF A CONSTANT FORCE SUPPORT OF THE WITZENMANN DESIGN

V.A. Tikhomirov, K.S. Shlykov, A.V. Provorov

Scientific Supervisor – **A.V. Provorov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A method for calculating the optimal design parameters of a constant force support is proposed. An example of the calculation and a three-dimensional model of the support constructed based on the results of the calculation are given.

Keywords: pipeline support, constant force, optimal parameters, calculation.

Опоры постоянного усилия Witzenmann применяются для компенсации больших (50 ... 250 мм) температурных удлинений вертикальных участков технологических трубопроводов [1, с.146]. Они воспринимают и удерживают вес труб, перемещающихся в вертикальном направлении, который является постоянной величиной. Наиболее известны опоры фирм Witzenmann, Hesterberg, Liseга. Опоры Witzenmann имеют наиболее простую конструкцию, но в то же самое время

обеспечивают меньшую стабильность усилия на всем диапазоне перемещения.

На рис. 1 представлен общий вид и схема конструкции опоры фирмы Witzenmann [2].

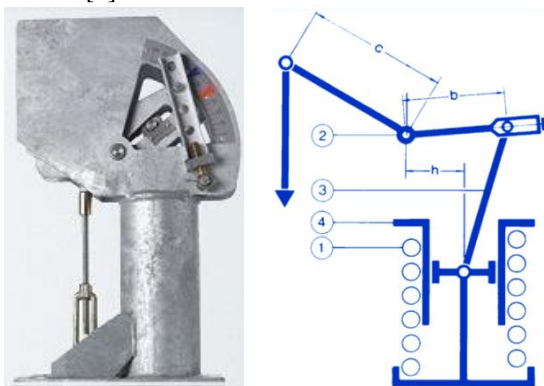


Рис. 1. Общий вид и схема опоры постоянного усилия:
1 – пружина, 2 – ось вращения рычага, 3 – тяга, 4 – стакан

В настоящее время нет информации о методиках расчёта подобных опор, отсутствуют подробные конструктивные решения. Поэтому, была поставлена задача: разработать методику расчёта оптимальных конструктивных параметров опоры постоянного усилия, обеспечивающих максимальную стабильность усилия на всем диапазоне перемещения точки крепления трубы.

Основным элементом опоры является двулучий рычаг (рис. 1), одно плечо которого связано посредством тяги с трубопроводом, а другое плечо посредством своей тяги со штоком пружины. Конструктивные параметры опоры, такие как длины плеч (c , d), их углы наклона, длины тяг, характеристики пружины и ее расположение относительно оси рычага (h) непосредственно влияют на постоянство усилия. Они должны обеспечивать необходимый интервал перемещения трубы при минимальном отклонении усилия на тяге со стороны трубы, а также минимальные габаритные размеры и массу всей конструкции.

Необходимо решать многопараметрическую, многокритериальную задачу оптимизации. Для решения задачи оптимизации была использована система оптимального проектирования IOSO. При выполнении расчёта в системе IOSO необходимо задать следующие параметры:

1. Входные данные;
2. Выходные расчетные конструктивные данные;
3. Критерии оптимизации;

4. Ограничения на параметры и критерии оптимизации.

Заданы следующие входные данные: рабочий ход тяги трубопровода, индекс пружины, длины рычагов, длина пружины, углы наклона плеч рычага. В качестве критериев оптимизации определены: максимальное отклонение усилия на тяге трубопровода, габариты механизма.

Для расчета выходных параметров и критериев оптимизации была разработана методика и реализована в виде программы на языке Python, к которой IOSO обращается в процессе оптимизации. В результате расчета опоры система IOSO выдает сводную таблицу Парето - оптимальных решений. Был рассчитан один из вариантов опоры постоянного усилия (нагрузка - 5000 Н, интервал перемещения трубы 0 .. 250 мм). Из результирующей таблицы (рис. 2) выбран вариант опоры с минимальным отклонением усилия от веса трубы.

Масса: 1000		Парето		Улучшение критерия		История поиска		Живое								
№	№	№	№	№	№	№	№	№	№							
1078	0.8	498.8	1200.0	71.8	100.0	250.0	-1.6	0.379332148	316.141280966	333.840191384	37.036364248	0.0018011643	48.2621279188	29.1000000000	473.8460550005	92.9731193314
1011	6.3	498.8	1200.0	71.9	100.2	249.9	-2.1	0.380491982	306.681280496	268.816388329	33.1452097449	14.1053307471	48.234087208	29.1000000000	474.7820979481	92.9201119051
9902	6.1	499.2	1200.0	71.8	100.1	249.9	-0.4	0.3806409947	616.472803201	198.3482465206	32.6161058070	16.526071905	48.1927742105	29.1000000000	473.678950129	93.6110028969
9620	5.9	499.7	1200.0	71.8	101.6	249.9	-0.4	0.3808158819	615.8231222085	187.884233688	31.8811500573	16.803127863	48.220078602	29.1000000000	474.7910241469	95.9128013986
9728	6.7	499.8	1200.0	70.9	101.6	250.0	-2.0	0.392490214	485.363071954	236.3570250381	33.7946320952	11.7088411701	48.933879479	1000000000	472.3796611678	94.267419103
9512	9.4	499.7	1200.0	71.3	105.2	247.3	-3.1	0.3974479883	281.443884848	380.4449142919	38.3451079034	5.0281782042	50.3694931168	29.1000000000	473.3209757897	97.3278939973
9533	7.6	499.9	1200.0	71.8	102.6	248.1	-0.5	0.3976206238	309.7878427864	272.8791819803	35.8046983658	7.6431900052	48.4268449319	29.1000000000	474.8912055272	93.2697108261
9623	5.2	499.4	1200.0	70.4	100.0	248.8	-1.9	0.4131044748	315.916160882	160.1877890066	30.7898615489	22.1272154080	49.0254644659	29.4000000000	479.4834819226	92.4379169222
8804	7.9	499.4	1200.0	73.8	104.8	247.8	-10.8	0.4144219179	310.4481389589	292.0760891239	36.8718058825	6.1622819155	47.5883569199	29.1000000000	479.5706680271	91.7131058903
9742	5.5	498.4	1200.0	70.9	102.0	249.9	-1.7	0.4226832678	682.801119343	171.8789963200	31.2141993091	19.280308763	49.080426477	29.4000000000	486.3428821997	94.8471741897
7737	8.5	500.0	1200.0	72.1	102.7	248.3	-14.9	0.5080994958	243.1987280781	336.320884726	38.8398904937	4.0161750231	44.9338781982	29.1000000000	478.4847920288	98.9518164266
8554	5.4	481.7	1200.0	70.7	133.7	240.7	-11.8	0.6848336024	339.2496889061	161.886417817	29.977799448	15.0235826990	55.0488625293	30.3000000000	484.6239137762	103.1342411536
8878	6.4	500.0	1200.0	74.8	128.4	241.3	-29.0	0.6888338070	326.4749272743	236.4264980646	35.3788838913	7.0116278721	46.0208851172	29.1000000000	482.5082472828	88.8732882487
8718	7.9	499.9	1200.0	71.5	103.0	248.2	-14.2	0.7071650909	265.3017460747	302.7389722932	38.3230054034	4.7387165209	45.3795206960	29.1000000000	474.9089952376	87.4087320530
8957	5.7	484.8	1200.0	72.0	126.4	238.6	-25.1	0.7358723996	423.4914181748	186.8787891898	32.6762182105	10.4442421661	49.8263782623	30.0000000000	481.6721980989	92.8527399516
7223	8.3	500.0	1200.0	71.1	101.8	248.2	-13.9	0.7323888826	244.8825789624	326.316015682	39.3148507913	4.0484818013	44.9723183302	29.1000000000	471.0456794138	86.6357322421
9701	5.0	482.0	1200.0	63.2	142.4	249.3	-11.2	0.8032197079	733.8729032493	132.8979909885	28.5395121973	24.0849473238	67.8097789200	30.9000000000	430.9484311487	122.8728089923
7147	4.5	485.8	1200.0	68.8	159.3	246.3	-13.8	0.8078268190	616.3881978905	126.7997998889	28.1777178858	20.9973801910	58.8398868450	30.3000000000	448.5104781021	104.8848527323
8950	4.9	483.3	1200.0	69.7	154.9	236.2	-20.3	1.0740946586	484.4084997213	162.3267863688	31.0868155818	12.9589911234	56.7778585891	30.8000000000	441.8851301031	92.8056554111
8661	6.1	489.8	1200.0	67.5	171.2	250.0	-43.9	1.2148043888	259.8891280372	247.8665716979	35.6881855241	5.9190384846	45.7748981910	30.0000000000	452.5161950240	85.1733094625
9199	4.0	483.5	1200.0	65.8	178.0	244.0	-41.7	1.5418975316	682.5746901328	116.1987789924	29.0489627481	19.8743232927	51.9918674322	31.5000000000	412.5211003232	92.1746828151

Рис. 2. Таблица Парето - оптимальных решений

Для выбранного варианта опоры постоянного усилия в системе Компас-3D разработана подробная трехмерная модель (рис. 3).

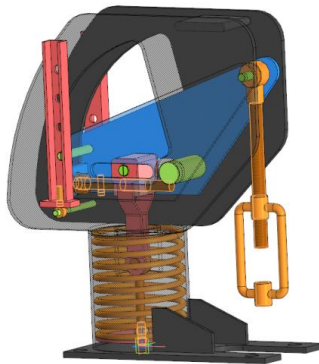


Рис. 3. Трехмерная модель опоры

Выполнены чертежи опоры, проведены расчеты основных элементов конструкции на прочность. Расчеты подтверждают работоспособность модели и правильность выбора конструктивных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Магалиф, В.Я.* Монтажное проектирование химических, нефтехимических, и нефтеперерабатывающих заводов. М.: ООО "НАВИГАТОР", 2010. 344с.
2. Постоянные подвесы и постоянные опоры. URL: <https://www.witzenmann.com/en/products/pipe-supports/constant-hangers-and-constant-supports/> (Дата обращения: 15.03.2023).

УДК 66.078.9

О ХЛАДОНОВЫХ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.Н. Тупин, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов

Научные руководители – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор;
И.С. Гуданов, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Объектом исследования является хладоновый поршневой компрессор, применяемый для сжатия хладагента. Данные машины применяются в различных областях промышленности, а также для бытовых нужд.

***Ключевые слова:** хладоновый компрессор, сжатие, нагнетание*

ABOUT REFRIGERATING PISTON COMPRESSORS USED IN INDUSTRY

D.N. Tupin, A.E. Lebedev, I.S. Gudanov

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Professor;
I.S. Gudanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The object of the study is a refrigerating piston compressor used to compress the refrigerant. These machines are used in various fields of industry, as well as for household needs.

***Keywords:** refrigerating compressor, compression, injection*

Сегодня существуют различные типы и модификации компрессоров. Компрессорами называются машины предназначенные для сжатия и перемещения газов. Эти машины принимают непосредственное участие в производстве продукции в различных областях промышленности. В машиностроении в большинстве случаев компрессоры применяют для сжатия воздуха, который используется в качестве энергоносителя для привода инструментов, машин, пневмотранспорта и т.д.

В процессе исследования рассмотрим поршневой компрессор, его преимущества и недостатки по сравнению с другими типами. Для лучшего понимания объекта исследования следует ввести классификацию. Все компрессоры можно разделить на следующие группы по создаваемому давлению нагнетания:

Компрессоры низкого давления (сжатие газа до 1 МПа). Используются для привода пневматических машин, инструментов, приспособлений, используемых в промышленности. Данные компрессоры очень распространены.

Компрессоры среднего давления (сжатие газа до 10 МПа). Используются в холодильниках, отдельных химических предприятиях, при транспортировке газа и т.д. Данные компрессоры изготавливаются в меньших количествах.

Компрессоры высокого давления (сжатие газа до 100 МПа). Используются в производстве мочевины, отдельных полиэтиленов, синтетических бензинов и т.д. Эти компрессоры выпускаются мелкими партиями.

Компрессоры сверхвысокого давления (сжатие газа выше 100 МПа). Применяются в порошковой металлургии и ещё ряда производств. Изготавливаются индивидуально для каждого производства.

Также компрессоры можно разделить по производительности:

- Микро-компрессоры (производительность от 0 до 0,0003 м³/с).
- Мини-компрессоры (производительность от 0,0003 до 0,01 м³/с).
- Компрессоры малой производительности (производительность от 0,01 до 0,1 м³/с).
- Компрессоры средней производительности (производительность от 0,1 до 1 м³/с).
- Компрессоры большой производительности (производительность более 1 м³/с).

К основным видам относятся: ротационные, поршневые, винтовые, спиральные и центробежные (турбокомпрессоры). От принципа действия, типа и конструктивных особенностей того или иного вида компрессора зависят мощность и другие эксплуатационно-технические параметры рефрижераторной установки, определяющие область применения устройства. Поршневые компрессоры очень распространены и используются при любых давлениях (также для получения высоких и сверхвысоких давлений (100-350 МПа)) и малой производительности (до 0,1 м³/с). Поршневые компрессоры более энергоэффективны по сравнению с другими типами компрессоров, но проигрывают в ремонтпригодности, металлоемкости, габаритным размерам. При необходимости более высокой производительности эффективней использовать машины динамического действия.

Типы поршневых компрессоров:

- одинарного или двойного действия;
- масляные и безмасляные (сухого трения или сухого сжатия);

По расположению цилиндров: горизонтальные, вертикальные, угловые.

По количеству ступеней: одноступенчатые, многоступенчатые, с различным количеством цилиндров.

Принцип работы поршневого компрессора довольно прост. Электродвигатель вращает коленчатый вал на котором установлен кривошипно-шатунный механизм, через который движение передаётся поршню напрямую или через крэйцкопф. Поршень перемещается по цилиндру. У поршня существует два крайних положения: верхняя мертвая точка (ВМТ) – это та точка, которая наиболее удалена от коленчатого вала, и нижняя мертвая точка (НМТ) – это точка, которая наиболее приближена к коленчатому валу. В НМТ в цилиндре создается высокое разрежение, из-за которого открывается впускной клапан. Через него газ, из-за разницы давлений попадает внутрь цилиндра. После чего впускной клапан закрывается, поршень движется к ВМТ, из-за чего создается повышенное давление. После достижения максимального значения давления открывается выпускной клапан. Из цилиндра газ идет в ресивер, из-за разницы давлений. При одном обороте вала в каждом цилиндре совершается полный рабочий цикл. Из ресивера сжатый газ распределяется на нужды производства. Ресивер обеспечивает равномерное давление для стабильной работы подключенных агрегатов.

Многю предложена конструкция компрессора с двумя цилиндрами, расположенными рядом. Материал, из которых изготовлены поршня и шатуны был выбран сплав ЛК6. Этот алюминиевый сплав обрабатывается ковкой и применяется для изготовления сложных штамповок. Данный сплав является оптимальным материалом, так как из него получаются поршни меньшей массы, не теряя в прочности. Это положительно сказывается на долговечности кривошипно-шатунного механизма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пластинин, П.И.* Поршневые компрессоры. Т. 1. Теория и расчет. М.: Колос, 2000. 456 с.
2. *Поспелов, Г.А.* Объёмные компрессоры: Атлас конструкций / Г.А. Поспелов, П.И. Пластинин, А.И. Шварц и др.; Под общ.ред. Г.А. Поспелова. М.: Машиностроение, 1994. 120 с.

**О ВЫБОРЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
СКОРОСТНОГО ТИПА ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СОВМЕЩНОГО ТЕЧЕНИЯ
ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Д.А. Хорев¹, Я.В. Екимов², Д.С. Долгин¹, И.С. Гуданов¹

Научный руководитель – **Д.С. Долгин**, старший преподаватель

¹Ярославский государственный технический университет

²ООО «ТЕХНОЦЕНТР-НЕФТЕМАШ»

Аналитический метод описания основывается на разложении целого процесса на составные части, и дальнейшее рассмотрение частей, как отдельных самостоятельных процессов. В рамках этих процессов составляются реологические уравнения состояний, связывающие компоненты напряжений и деформаций. Эти уравнения должны корректно описывать реакцию материала на различные характерные деформации. Для этого в уравнения вводятся специальные константы, которые соответствуют определенным характеристикам материала.

***Ключевые слова:** экструзия, соэкструзия, полимеры, резина, математическая модель, пружина, демпфер*

**ON THE CHOICE OF A HIGH-SPEED MATHEMATICAL
MODEL FOR THE ANALYTICAL SOLUTION OF PROBLEMS
OF JOINT FLOW OF POLYMER MATERIALS**

D.A. Khorev¹, Y.V. Ekimov², D.S. Dolgin¹, I.S. Gudanov¹

Scientific Supervisor – **D.S. Dolgin**, Senior Lecturer

¹Yaroslavl State Technical University

²TECHNOCENTER-NEFTEMASH LLC

The analytical method of description is based on the decomposition of the whole process into its component parts, and further consideration of the parts as separate independent processes. Within the framework of these processes, rheological equations of state are compiled, linking the components of stresses and deformations. These

equations should correctly describe the reaction of the material to various characteristic deformations. To do this, special constants are introduced into the equations that correspond to certain characteristics of the material.

Keywords: *extrusion, co-extrusion, polymers, rubber, mathematical model, spring, damper*

Математические модели, применяемые для аналитического решения задач совместного течения полимерных материалов можно разделить на скоростные и интегральные (дифференциальные). В математические модели скоростного типа входят производные тензора напряжений и (или) тензора скоростей деформации. В моделях интегрального типа напряжение входит в интегральное выражение, с учетом предыстории деформации или напряжения.

Наиболее часто для описания течения вязкоупругих жидкостей используют элементарные модели – пружина, соединенная с демпфером (рисунок 1). В этом случае пружина является только упругим элементом (ведет себя в соответствии с законом Гука), а демпфер чисто вязким элементом (ньютоновская жидкость). Таким образом получается классическая модель Максвелла, реологическое уравнение которой имеет вид:

$$T + \lambda_1(\partial T/\partial t) = 2\eta_0 d, \quad (1)$$

где T – тензор напряжений; d – тензор скорости; λ_1 – время релаксации; η_0 – вязкость.

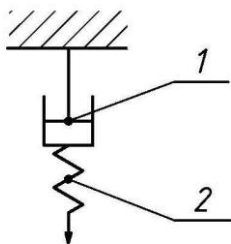


Рис. 1. Модель вязкоупругой жидкости типа «поршень-пружина»:
1 - поршень; 2 - пружина

При использовании (1) качественно объясняются релаксация напряжений после деформации и эластичное восстановление среды после снятия напряжений. Такая модель пригодно описывает процесс линейной вязкоупругости, характерный полимерным материалам [1]. Однако при-

меняемость этой модели ограничена областью бесконечно малых деформаций. А такие эффекты как аномалии вязкости и эффект нормальных напряжений невозможно описать вышеприведенной моделью [2].

Попытку обобщить уравнение (1) разными способами предпринимали Уайт, Метценр и Де Витт. Уайт и Метценр использовали конвективную производную и получили следующую закономерность, названную моделью Уайта-Метцнера [3]:

$$T + \lambda_1(D_0T/D_0t) = 2\eta_0d, \quad (2)$$

где D_0T/D_0t – конвективная производная для ковариантных и контрвариантных компонентов тензора второго ранга.

Для обобщения уравнения (1) Де Витт использовал оператор Яумана и получил следующую закономерность, называемую моделью Де Витта [4]:

$$T + \lambda_1(D_jT/D_jt) = 2\eta_0d, \quad (3)$$

где D_jT/D_jt – оператор Яумана.

Уравнения (2) и (3) позволяют предсказывать аномалию вязкость и появление нормальных напряжений, а так же рассчитать ньютоновскую вязкость и коэффициент первой разности нормальных напряжений. Однако эти уравнения имеют очень малый диапазон применений, а указанные выше аномалии вязкости хорошо описываются только при средних значениях скорости течения [2].

В попытках модификации вышеперечисленных математических моделей Джеффри предложил свое реологическое уравнение, которое в дальнейшем обобщил Олдройд [5]:

$$T + \lambda_1(D_0T/D_0t) = 2\eta_0[d + \lambda_2(D_0d/D_0t)]. \quad (4)$$

Недостатком приведенной модели Олдройда является то, что для установившегося течения невозможно однозначно определить коэффициенты разности нормальных напряжений, которые зависят от выбора ковариантных или контрвариантных индексов при записи тензоров напряжений и скоростей деформации. Пытаясь преодолеть указанный недостаток, Олдройд предложил нелинейную модель [6]:

$$T + \lambda_1(D_j T/D_j t) - \mu_1(Td + dT) + \mu_0(trT)d + v_1(trTd)I = 2\eta_0[d + \lambda_2(D_j d/D_j t) - 2\mu_2d^2 + v_2(trd^2)I], \quad (5)$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \mu_0, \mu_1, \mu_2, v_1, v_2$ и η_0 – константы.

Такая нелинейная модель Олдройда учитывает аномалии вязкости и появление нормальных напряжений, однако главный её недостаток – большая затрудненность при экспериментальном определении восьми различных констант.

Один из возможных путей обобщения модели Максвелла приведен в [2]. Автором рассматривается материал, который состоит из очень большого числа сопряженных систем пружина – демпфер. Тогда математическая модель имеет вид:

$$T_p + \lambda_p(\partial T_p / \partial t) = 2\eta_p d. \quad (6)$$

Здесь

$$T = \sum_{p=1}^{\infty} T_p, \quad (7)$$

где T_p – тензор напряжений p -ой единицы; λ_p и η_p – материальные константы описываемой механической ячейки.

Спрингсом [7] была предложена математическая модель в другой форме:

$$T_p + \lambda_p \left\{ (D_j T_p / D_j t) - (1 + \varepsilon) \left[T_p d + dT_p - \frac{2}{3} (tr T_p d) I \right] \right\} = 2\eta_p d, \quad (8)$$

где ε – установочный параметр, введенный для эмпирического нахождения не равного нулю коэффициента второй разности нормальных напряжений.

К главному недостатку этой модели относится то, что при увеличении p вклад материальных констант λ_p и η_p становится менее существенным.

Таким образом, описанные модели скоростного типа отличаются между собой. Каждая форма функции памяти имеет свои физические предпосылки. Однако для всех таких моделей общей чертой является

наличие большого количества установочных параметров и трудности в их экспериментальном определении.

В связи с этим при выборе математической модели для описания совместного течения полимерных вязкоупругих неньютоновских материалов в каналах соэкструзионной головки необходимо опираться не только на точность описания картины течения полимеров с их вязкоупругими свойствами, но и на количество констант материала, необходимых для проведения расчетов. Каждая из таких констант должны быть определена опытным путём на специальном лабораторном оборудовании, что не всегда представляется возможным. Поэтому при выборе математической модели необходимо найти золотую середину между точностью описания и возможностью определения всех необходимых констант полимера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Малкин, А.Я.* Реология: концепция, методы, приложения / А.Я. Малкин, А.И. Исаев. СПб: Профессия, 2007. 560 с.
2. *Хан, Ч.Д.* Реология в процессах переработки полимеров / Ч.Д. Хан; пер. с англ. под ред. Г.В. Виноградова, М.Л. Фридмана. М.: Химия, 1979. 368 с.
3. *White, J.L.* Development of constitutive equations for polymeric melts and solutions / J.L. White, A.B. Metzner // *Journal of applied polymer science*. 1963. Vol. 7, issue 1. P. 1867-1889
4. *DeWitt, T.W.* A rheological equation of state which predicts non-newtonian viscosity, normal stresses, and dynamic moduli // *Journal of Applied Physics*. 1955. Vol. 26, issue 7. P. 889-894.
5. *Oldroyd, J.G.* On the formulation of rheological equations of state // *Proceedings of the Royal Society of London A*. 1950. A200.P. 523-541.
6. *Oldroyd, J.G.* Non-Newtonian effects in steady motion of some idealized elastico-viscous liquids // *Proceedings of the Royal Society of London A*. 1958. A245. P. 278-297.
7. *Spriggs, T.W.* A four-constant model for viscoelastic fluids // *Chemical Engineering Science*. 1965. Vol. 20, issue 11. P. 931-940.

**О ВЫБОРЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ИНТЕГРАЛЬНОГО (ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО) ТИПА
ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
СОВМЕСТНОГО ТЕЧЕНИЯ
ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Д.А. Хорев¹, Я.В. Екимов², Д.С. Долгин¹, А.Е. Лебедев¹

Научный руководитель – **Д.С. Долгин**, старший преподаватель

¹Ярославский государственный технический университет

²ООО «ТЕХНОЦЕНТР-НЕФТЕМАШ»

Аналитический метод описания основывается на разложении целого процесса на составные части, и дальнейшее рассмотрение частей, как отдельных самостоятельных процессов. В рамках этих процессов составляются реологические уравнения состояний, связывающие компоненты напряжений и деформаций. Эти уравнения должны корректно описывать реакцию материала на различные характерные деформации. Для этого в уравнения вводятся специальные константы, которые соответствуют определенным характеристикам материала.

Ключевые слова: *экструзия, соэкструзия, полимеры, резина, математическая модель, пружина, демпфер*

**ON THE CHOICE OF AN INTEGRAL (DIFFERENTIAL) TYPE
MATHEMATICAL MODEL FOR THE ANALYTICAL
SOLUTION OF PROBLEMS OF JOINT FLOW OF POLYMER
MATERIALS**

D.A. Khorev¹, Y.V. Ekimov², D.S. Dolgin¹, A.E. Lebedev¹

Scientific Supervisor – **D.S. Dolgin**, Senior Lecturer

¹Yaroslavl State Technical University

²TECHNOCENTER-NEFTEMASH LLC

The analytical method of description is based on the decomposition of the whole process into its component parts, and further consideration of the parts as sepa-

rate independent processes. Within the framework of these processes, rheological equations of state are compiled, linking the components of stresses and deformations. These equations should correctly describe the reaction of the material to various characteristic deformations. To do this, special constants are introduced into the equations that correspond to certain characteristics of the material.

Keywords: extrusion, co-extrusion, polymers, rubber, mathematical model, spring, damper

Математические модели интегрального и дифференциального типа можно разделить на два направления: модели, включающие в себя интегрированную скорость деформации (скорость рассматривается в некоторой движущейся системе координат), и модели, включающие – интегральную деформацию (тензор относительной деформации).

Рассмотренные выше модели скоростного типа можно записать в интегральной форме. Так модель Максвелла для бесконечно малой деформации в интегральной форме будет иметь вид:

$$T = 2 \int_{-\infty}^t G(t - t') d(t') dt, \quad (1)$$

где

$$G(t) = (\eta_0/\lambda_1) e^{-t/\lambda_1}, \quad (2)$$

где G – модуль сдвига.

Для больших деформаций, используя подходящие преобразования систем координат в интегральной форме модель Де Витта будет иметь вид:

$$T = 2 \int_{-\infty}^t (\eta_0/\lambda_1) e^{-(t-t')/\lambda_1} \Gamma(t, t') dt', \quad (3)$$

где $\Gamma(t, t')$ – тензор скоростей деформации в системе координат, вращающийся совместно с элементом жидкости.

Лоджем [1] разработана «сеточная» теория и предложено интегральное представление в следующей форме:

$$T = \int_{-\infty}^t m(t - t') E(t, t') dt', \quad (4)$$

где $E(t, t')$ – конечный тензор деформации; $m(t - t')$ – функция памяти.

Из этой модели следует, что вязкость при установившемся сдвиговом течении не зависит от скорости сдвига. Это связано с предположени-

ем о независимости скоростей образования и разрушения узлов «сетки» от предыстории деформирования.

Так же известна модель К-ВКЗ [2] реологическое уравнение которой может быть записано следующим образом:

$$\sigma_{ij} = 2 \int_{-\infty}^t \left[\frac{\partial \tilde{W}}{\partial I_1} C_{ij}^{-1}(t, t') - \frac{\partial \tilde{W}}{\partial I_2} C_{ij}(t, t') \right] dt', \quad (5)$$

где $\tilde{W}(I_1, I_2)$ – функция инвариантов I_1 и I_2 тензоров C_{ij} и C_{ij}^{-1} .

Здесь принимается, что упругий потенциал зависит от времени не только потому, что от времени зависит деформация, но и посредством функции памяти. Однако чем ниже точность определения интегрального ядра оператора, тем более низкая точность описания процесса сложного течения [2], что является существенным недостатком такой модели.

Мейстер [3] предложил интегральную модель следующего вида:

$$T = \int_{-\infty}^t m[t - t', I_2(t')] E(t, t') dt', \quad (6)$$

где $I_2(t')$ – второй инвариант тензора скоростей деформации.

Из модели Мейстера следует, что вязкость и функции первой разности нормальных напряжений зависит от скорости сдвига, уменьшаясь с ростом последней. Функция второй разности нормальных напряжений равна нулю.

Общее выражение модели Лоджа [4] дается в форме:

$$T = \int_{-\infty}^t m[t - t', I_2(t')] [(1 + \varepsilon'/2) C_t^{-1}(t') - (\varepsilon/2) C_t(t')] dt', \quad (7)$$

где $C_t^{-1}(t')$ – относительный тензор деформации Фингера; $C_t(t')$ – относительный тензор деформации Коши; ε' – установочный параметр, введенный для нахождения отличной от нуля функции второй разности нормальных напряжений.

Согласно уравнению (7), функция памяти $m[t - t', I_2(t')]$ является функцией второго инварианта $I_2(t)$ тензора скоростей деформации. Берд и Карро [5] предложили следующий вид функции памяти:

$$m[(t - t'), I_2(t')] = \sum_{p=1}^{\infty} \frac{\eta_p e^{-(t-t')/\lambda_{2p}}}{1 + \frac{1}{2} \lambda_{1p}^2 I_2(t')}, \quad (8)$$

где

$$\eta_p = \frac{\eta_0 \lambda_{1p}}{\sum_{p=1}^{\infty} \lambda_{1p}}; \lambda_{1p} = \lambda_1 \left(\frac{1 + n_1}{p + n_1} \right)^{\alpha_1}; \lambda_{2p} = \lambda_2 \left(\frac{1 + n_2}{p + n_2} \right)^{\alpha_2}, \quad (9)$$

где $\eta_0, \lambda_1, \lambda_2, \alpha_1, \alpha_2, n_1, n_2$ – установочные параметры.

Однако наличие множественных установочных параметров и трудности в их экспериментальном определении значительно усложняют эту модель.

Колеман и Нолл [6] разработали уравнение интегрального типа, введя концепцию «затухающей памяти», согласно которой деформации, имевшие место в «недавнем прошлом», имеют большее значение, чем деформации, происшедшие в «далеком прошлом». Однако из их модели следует, что вязкость и функции нормальных напряжений не зависят от скорости сдвига, что является недостатком такой модели. Но при попытках устранения такого недостатка количество материальных констант только увеличивается.

Бог [7], пытаясь эмпирически модифицировать теорию Колемана - Нолла [6], предложил следующую интегральную модель:

$$T = \int_{-\infty}^t m[(t - t'), I_2(t')] E(t') dt' + \int_{-\infty}^t \int_{-\infty}^t a[(t - t_1', t - t_2', I_2(t_1', t_2')] E(t_1') E(t_2') dt_1' dt_2', \quad (10)$$

где

$$m[(t - t'), I_2(t')] = \sum_{p=1}^{\infty} \frac{G_p \exp[-(t - t')/\lambda_{1p}^{\text{eff}}]}{\lambda_{1p}^{\text{eff}}} \quad (11)$$

$$a = [(t - t_1'), (t - t_2'), I_2(t_1', t_2')] = \sum_{p=1}^{\infty} \frac{G_p \exp[-(t - t_1')/\lambda_{2p}^{\text{eff}}] \exp[-(t - t_2')/\lambda_{2p}^{\text{eff}}]}{2\lambda_{2p}^{\text{eff}} 2\lambda_{2p}^{\text{eff}}}. \quad (12)$$

К недостаткам этой математической модели относится большое количество материальных констант.

Леонов и Прокунин предложили свою математическую дифференциальную модель, основанную на основных принципах термодинамики неравновесных процессов [8, 9]. Их теория описывает упругие деформации, возникающие при течении вязкоупругих жидкостей. Однако при использовании такой модели для описания трехмерных течений возникают некоторые сложности, в связи с этим её использование на сегодняшний день довольно ограничено.

Наиболее современную модель предложили МакЛейшен и Ларсон, которая называется Ром-Ром [10]. Она основана на теории трубок и уп-

рощенной топологии разветвленных молекул. Её особенность заключается в том, что такая модель состоит из двух уравнений: для ориентации и для растяжения. Существуют интегральная и дифференциальная формы такой модели. Тензор ориентации S имеет вид:

$$\frac{\nabla}{A} + \frac{1}{\lambda_{0b}} \left(A - \frac{1}{3} I \right) = 0, \quad S = \frac{A}{I_A}. \quad (13)$$

где A – вспомогательный тензор; $\frac{\nabla}{A}$ – верхняя конвективная производная по времени вспомогательного тензора; λ_{0b} – время релаксации ориентации магистральной трубки; I – единичный тензор; I_A – первый инвариант тензора A .

Чуть позднее Вербитен и Петерс [11] представили модифицированную расширенную Rom-Rom модель. Уравнения для ориентации и для растяжения они соединили в одно и дополнили получившуюся модель второй нормальной разностью напряжений N_2 . Расширенная Rom-Rom модель имеет вид:

$$\frac{\nabla}{\tau} + \frac{1}{\lambda_b} \left[\frac{\alpha}{G} \tau \cdot \tau + F\tau + G(F - 1)I \right] - 2GD = 0,$$

$$F = 2re^{v(\Lambda-1)} \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right) + \frac{1}{\lambda^2} \left[1 - \frac{\alpha \cdot \text{tr}(\tau \cdot \tau)}{3G^2} \right]; \quad (14)$$

$$\Lambda = \sqrt{1 + \frac{\text{tr}(\tau)}{3G}}$$

где F – дополнительная скалярная функция; $r = \lambda_b/\lambda_s$ – соотношение временных констант; λ_b – линейное время релаксации; λ_s – константа времени для растяжения; α – дополнительный анизотропный параметр.

Вторая нормальная разность напряжений N_2 контролируется дополнительным анизотропным параметром α . При параметре α не равным нулю, вторая нормальная разность напряжений так же не будет равна нулю.

Такая модель хорошо себя зарекомендовала при описании процесса течения полимера по каналам головки, поскольку при её применении достигается корректное и достаточно точное моделирование нелинейного поведения при растяжении и сдвиге полимеров [11]. Однако для решения необходимо трудоемкое определение шести констант для каждого материала, что является недостатком такой математической модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Lodge, A.S.* A network theory of flow birefringence and stress in concentrated polymer solutions / *A.S. Lodge* // Transactions of the Faraday Society. 1956. Vol. 52. P. 120-130.
2. *Малкин, А.Я.* Реология: концепция, методы, приложения / А.Я. Малкин, А.И. Исаев. СПб: Профессия, 2007. 560 с.
3. *Meister, B.J.* An Integral Constitutive Equation Based on Molecular Network Theory / *B.J. Meister* // Transactions of the Society of Rheology. 1971. Vol. 15, issue 5. P. 63-90.
4. *Хан, Ч.Д.* Реология в процессах переработки полимеров / Ч.Д. Хан; пер. с англ. под ред. Г.В. Виноградова, М.Л. Фридмана. М.: Химия, 1979. 368 с.
5. *Bird, R.B.* A nonlinear viscoelastic model for polymer solutions and melts—I / *R.B. Bird, P.J. Carreau* // Chemical Engineering Science. 1968. Vol. 23, issue 5. P. 427-434.
6. *Coleman, B.D.* Foundations of Linear Viscoelasticity / *B.D. Coleman, W. Noll* // Reviews of Modern Physics. 1961. Vol. 33, issue 2. P. 239-248.
7. *Bogue, D.* Engineering Analysis of Non-newtonian Fluids / *D. Bogue, J.L. White* // NATO Agardograph. 1970. № 144.
8. *Леонов А.И.* Об описании реологического поведения упруго-вязких сред при больших упругих деформациях: Препринт N34. М.: ИПМ АН СССР. 1973. 63 с.
9. *Прокунин А.Н.* О нелинейных определяющих уравнениях максвелловского типа для описания движений полимерных жидкостей // ПММ. 1984.Т.8, №6. С. 957–965.
10. *McLeish, T.C.B.* Molecular constitutive equations for a class of branched polymers: The pom-pom polymer / *T.C.B. McLeish, R. G. Larson* // J. Rheol. 1998. Vol.42. P.81–110.
11. *Verbeeten, W.M.H.* Differential constitutive equations for polymer melt : the eX-tended Pom-Pom model / *W.M.H. Verbeeten, G.W.M. Peters* // J. Rheol. 2001. V. 45. P. 821-841.

О РЕАКТОРАХ ГИДРООЧИСТКИ СЫРЬЯ РИФОРМИНГА В СОВРЕМЕННОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.М. Чаленко, А.Е. Лебедев, И.С. Гуданов

Научные руководители – **А.Е. Лебедев**, д-рр техн. наук,
профессор;

И. С. Гуданов – канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Объектом исследования является реактор гидроочистки установки риформинга для реакций гидрогенизации и обессеривания прямогонных бензиновых фракций сырья. Соответствующие аппараты применяются в различных технологических схемах для получения компонента высокооктановых топлив либо дизельных, либо бензиновых фракций.

***Ключевые слова:** гидроочистка, распределительная тарелка, аксиальный ввод сырья*

ON HYDROTREATING REACTORS OF REFORMING RAW MATERIALS IN THE MODERN OIL REFINING INDUSTRY

A.M. Chalenko, A.E. Lebedev, I. S. Gudanov

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

I.S. Gudanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The object of the study is a hydrotreating reactor of a reforming unit for hydrogenation and desulfurization reactions of straight-run gasoline fractions of raw materials. The corresponding devices are used in various technological schemes to obtain a component of high-octane fuels, either diesel or gasoline fractions.

***Keywords:** hydrotreating, distribution plate, axial input of raw material*

Каталитический риформинг имеет достаточно существенное

значение для нефтеперерабатывающей промышленности. Благодаря риформингу получают высокооктановый компонент топлива для двигателей внутреннего сгорания из низкооктановых фракций бензина. Более того, химическая промышленность достаточно остро нуждается в ароматических углеводородах, которые производятся при помощи данного процесса.

Одной из наиболее важных составляющих практически любой установки риформинга является блок гидроочистки, необходимый для удаления серосодержащих, азотсодержащих и прочих нежелательных примесей, которые являются токсичными и вредными для окружающей среды. Кроме того, эти вещества оказывают негативное влияние на работу автомобильных и тракторных двигателей, вызывают коррозию металлов, а также ухудшают свойства катализатора, стремительно приводя его к отравлению.

Поэтому в ходе данного исследования будут рассмотрены современные конструкции аппаратов для гидроочистки, а также выявлен наиболее подходящий для ведения процесса реакционный агрегат с рекомендациями по его усовершенствованию. Любой реактор гидроочистки – это пустотелый цилиндрический аппарат с эллиптическими, полушаровыми или сферическими отбортованными днищами, внутри которого подвижным или неподвижным слоем размещен катализатор. Главной конструктивной особенностью, подразделяющей данные аппараты, является способ введения сырья в аппарат. Он может быть аксиальным, а может быть и радиальным. В реакторах гидроочистки с аксиальным потоком сырья катализатор загружается в аппарат в виде сплошного слоя. Для лучшего распределения паров по сечению слоя и для того, чтобы предотвратить унос катализатора в нижней части, а также поверх слоя катализатора насыпаются фарфоровые шары. Корпус аппарата, как правило, сварен из углеродистой стали. Изнутри аппарат футерован торкрет - бетоном. Сырьё подаётся сверху через штуцер ввода, после проходит через распределительное устройство. В качестве распределительного устройства внутри реактора может быть размещена распределительная тарелка. Далее сырьё вступает в химическую реакцию, и, пройдя через слой катализатора, гидроочищенная фракция сливается в нишу, отделенную сеткой, а затем выходит через центральную трубу и нижний штуцер вывода сырья. Выгрузка катализатора также осуществляется через штуцер. Для того, чтобы у рабочего персонала имелся доступ во внутрь аппарата для его осмотра, замены катализатора или для ремонта внутренних устройств, сверху реактора размещается люк-лаз. В нашем случае входной штуцер установлен на крышке люка, что повышает удобство, но при этом снижает прочность, из-за чего, возможно,

потребуется дополнительное укрепление отверстий увеличением толщины стенки или с помощью накладного кольца или бобышки.

В реакторах же с радиальным вводом сырья смесь водородсодержащего газа вместе с бензиновой или дизельной фракцией движется от стенок аппарата непосредственно к его центру через слой катализатора. Для этого внутри реактора монтируется перфорированный, собираемый из желобов, стакан (чаще всего из легированной стали, например 09Г2С), внутрь которого загружают катализатор. Между этим стаканом и корпусом реактора имеется небольшой зазор, по которому смесь сырья и водородсодержащего газа в радиальном направлении движется к оси аппарата, попутно проходя через слой катализатора. В центре реактора монтируется труба, ограждённая двумя слоями сетки, через которую проходят продукты реакции, после чего удаляются из реактора через нижний штуцер вывода сырья. Оба типа реакторов нашли практическое применение в современных условиях нефтепромышленности, однако реакторы с радиальным вводом сырья применяются в основном в процессе риформинга, так как в процессе гидроочистки у них распределение жидкой фазы происходит неравномерно по объёму катализатора. Кроме того радиальные реакторы обладают так называемой гидродинамической тенью (область неработающего катализатора), из-за чего их эффективность снижена приблизительно на 30-35 %. Поэтому для процесса гидроочистки следует применять непосредственно реакторы с аксиальным вводом сырья.

Помимо этого реакторы могут подразделяться на многосекционные и односекционные; с наружной теплоизоляцией и с внутренней, выполненной из торкрет-бетона, толщиной примерно 150 миллиметров. Количество секций в аппарате существенно влияет на его срок службы, так как пространство между секциями предусматривает своевременное охлаждение газосырьевой смеси, проходящей через слой катализатора. Это, в свою очередь, способствует сокращению расхода высоколегированной стали. К тому же снижается отложение кокса и прочих металлов на катализаторе, увеличивая и его срок службы тоже. Внутренняя теплоизоляция, выполненная с помощью торкрет-бетона, как правило не используется в процессе гидроочистки, а вместо неё используется более экономный и простой вариант теплоизоляции снаружи.

Конструктивные материалы выбираются, как правило, в зависимости от внешних условий среды, температуры реакции и давления в аппарате. Для правильного выбора материала, необходимо также учитывать их стоимостные характеристики. Из основных марок сталей наиболее распространёнными на данных установках будут являться 12X18H10T и 08X18H10T. Эти стали применяют достаточно в

широком интервале температур (от минус 253 и до плюс 600 градусов Цельсия) Последний вариант к тому же имеет более высокую химическую стойкость, что способствует увеличению срока эксплуатации нашего реактора. Для экономии средств мною предложено использовать двухслойный листовой прокат, так называемый биометалл. Наружную поверхность исполняют из более дешёвых углеродистых сталей, в то время, как внутреннюю поверхность, подвергающуюся воздействию агрессивной среды, следует уже исполнять из вышеперечисленной высоколегированной стали марки 08X18H10T. Кроме того для хорошего скрепления обоих слоёв желательно выполнить поверхность листа основного металла рифлёной.

Исполнение реактора на этом не ограничивается: для штуцеров и фланцев не обязательно применять столь дорогую высоколегированную сталь, а будет достаточно использовать, к примеру, хромистую теплоустойчивую сталь 12ХМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аспель, Н.В.* Гидроочистка моторных топлив / Н.В. Аспель, Г.Г. Демкина. М.: Химия, 1977. 160 с.
2. *Магарил, Р.З.* Теоретические основы химических процессов переработки нефти. М.: Химия, 1985. 279 с.
3. *Орочко, Д.И.* Гидрогенизационные процессы в нефтепереработке / Д.И. Орочко, А.Д. Сулимов, Л.Н. Осипов. М.: Химия, 1971. 325 с.
4. *Суханов, В.П.* Каталитические процессы в нефтепереработке. М.: Химия, 1973. 416 с.
5. *Средин, В.А.* Оборудование и трубопроводы установок риформинга и гидроочистки / В.А. Средин, П.М Тарасенков. М.: Гостоптехиздат, 1963 240 с.

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ СМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СМЕШЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В.Н. Силинский, А.Е. Лебедев

Научный руководитель – **А.Е. Лебедев**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются современные проблемы смешивания сыпучих материалов и приводятся возможные пути их решения. Доказывается необходимость разработки рекомендации для смешивающего оборудования; приводятся достоинства наличия такой документации на химических предприятиях.

Ключевые слова: смесительное оборудование, сыпучий материал, барабанный смеситель, рекомендация

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR THE SELECTION OF MIXING EQUIPMENT FOR MIXING BULK MATERIALS

V.N. Silinsky, A.E. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.E. Lebedev**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers modern problems of mixing bulk materials and provides possible ways to solve them. The necessity of developing recommendations for mixing equipment is proved; the advantages of having such documentation at chemical enterprises are given.

Keywords: mixing equipment, bulk material, drum mixer, recommendation

На химических предприятиях и в смежных отраслях промышленности широко применяются процессы смешивания сыпучих материалов. Темпы развития производства требуют совершенствования

конструкций аппаратов смешивания, повышения надежности и работоспособности оборудования.

В настоящее время интенсификация процессов перемешивания сухих сыпучих материалов при снижении их энергоемкости является актуальной задачей для многих промышленных предприятий. В большинстве случаев данная задача может быть решена путем реконструкции или модернизации существующего смесительного оборудования, или же путем создания и внедрения новых высокоэффективных энергосберегающих машин и аппаратов. Также остро стоит проблема снижения себестоимости продукции, повышения ее качества и увеличения рентабельности производств. Данную проблему можно решить за счет широкого внедрения новой техники, с использованием передовых материалов и знаний, и повышения эффективности использования действующего оборудования. Необходимая интенсификация механических процессов может быть достигнута только при наличии глубоких знаний как принципа действия и конструкций соответствующего оборудования, так и особенностей его эксплуатации [1].

При попытке решения задачи приготовления однородных смесей возникает целый ряд трудностей. Эти трудности связаны с широким спектром физико-механических свойств из-за разнообразия перерабатываемых материалов, с предъявляемыми требованиями к качеству и составу продукта, производительности, энерго- и металлоемкости оборудования.

Количество конструкций смесителей разных типов неизменно растет, предлагаются все более современные модели, в том числе устройства гравитационно-пересыпного действия. Самыми распространенными из них являются барабанные аппараты (рис. 1), ввиду простоты конструктивного исполнения и низкой энергоемкости. В таких аппаратах смешение компонентов смеси происходит за счет пересыпания материала при вращении корпуса под действием гравитационных сил. Основной задачей барабанных смесителей является повышение качества получаемого продукта. Решение этой задачи в большинстве случаев осложняется склонностью перерабатываемой смеси к сегрегации ее компонентов по физико-механическим свойствам. Поэтому создание рекомендации для существующих смесительных устройств, использование данных которой позволило бы подавить сегрегацию, остается основной и, безусловно, актуальной задачей [2].

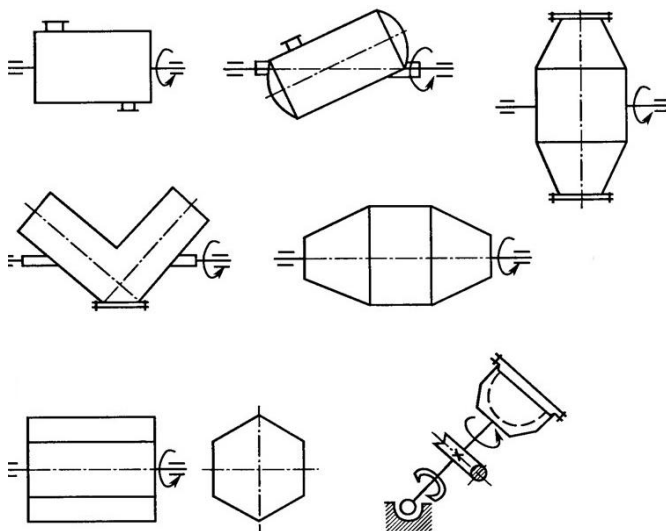


Рис. 1. Типы барабанных смесителей

Целью работы является разработка и создание конструкций для смешения, проведения анализа при различных условиях. В конечном итоге на основе полученных данных будет создана рекомендация по выбору оптимальной формы аппарата (оборудования), уровню засыпки и соотношению материалов для соответствующей конструкции.

Для проведения исследований была разработана опытная установка, схема которой показана на рис. 2. Были проведены предварительные опыты со склонными к сегрегации сыпучими компонентами. В качестве последних были использованы модельные материалы – речной песок и пшено. Эти компоненты отличаются по размерам частиц, плотности и форме, что существенно усложняет их перемешивание. В результате проведенных опытных исследований было установлено, что на однородность смеси существенное влияние оказывают такие факторы, как степень заполнения смесителя, частота его вращения и соотношение количеств компонентов. При исследованиях однородности смеси использовалось разработанное сотрудниками ЯГТУ программное обеспечение, позволяющее оценивать коэффициент неоднородности смеси полубесконтактным способом.

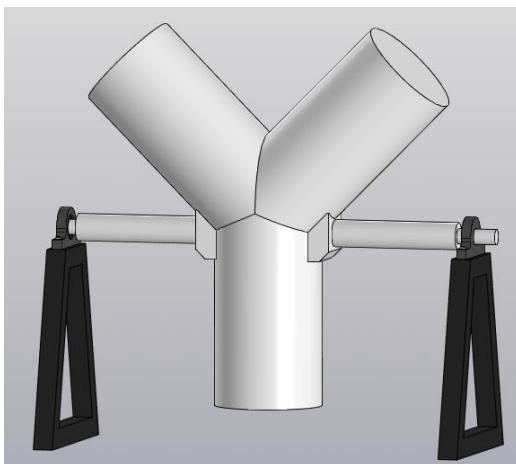


Рис. 2. Разработанная конструкция для проведения анализа

Было установлено, что наилучшие значения коэффициента неоднородности смеси получаются при степени заполнения смесителя на 25-35 % по объему.

Разрабатываемая рекомендация будет полезна для предприятий химической промышленности и смежных видов экономической деятельности, широко применяющих процессы смешивания сыпучих материалов. Она облегчит работу специалиста по выбору и эксплуатации смесительного оборудования, так как он будет владеть такой информацией как качество смеси на выходе, оптимальный уровень засыпки аппарата и соотношение смешиваемых сыпучих материалов в зависимости от их физико-механических свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борщев, В.Я.и др.* Оборудование для переработки сыпучих материалов: Учебное пособие. М.: Изд-во Машиностроение, 2006. 208 с.
2. *Волков, М.В.* Метод расчета процесса смешивания сыпучих материалов в новом аппарате с открытой рабочей камерой : дис. ... канд. техн. наук. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2014. 138 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УЗЛА КРЕПЛЕНИЯ СКРЕБКОВ ПРОПАНОВОГО КРИСТАЛЛИЗАТОРА

К.С. Шлыков, А.В. Сажин, А.В. Проворов

Научный руководитель – **А.В. Проворов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Приводится исследование напряженного состояния скребка, определяется оптимальное расстояние между скребками. Описываются результаты численного расчета различных конструкций скребкового механизма, даются рекомендации по выбору параметров конструкции.

***Ключевые слова:** кристаллизатор парафина, скребок, метод конечных элементов, расчет на прочность*

INVESTIGATION OF THE WORK OF THE FASTENING UNIT OF THE PROPANE CRYSTALLIZER SCRAPERS

K.S. Shlykov, A.V. Sazhin, A.V. Provorov

Scientific Supervisor – **A.V. Provorov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A study of the stress state of the scraper is given, the optimal distance between the scrapers is determined. The results of numerical calculation of various designs of the scraper mechanism are described, recommendations on the choice of design parameters are given.

***Keywords:** paraffin crystallizer, scraper, finite element method, strength calculation*

В результате анализа производственных данных по ремонту кристаллизаторов получено, что слабым местом конструкции является скребковый механизм, с которыми связано наибольшее количество ремонтов. В процессе работы скребки испытывают значительные нагрузки вследствие действия усилий срезания парафина и сил трения о поверхность трубы. Это приводит, с одной стороны, к интенсивному износу скребков, что ослабляет их конструкцию, а с другой стороны, к

возникновению значительных деформаций. В ряде случаев деформации превышают допустимые, и скребки выходят из строя. На рис. 1 представлены изображения скребков вышедших из строя.



Рис. 1. Скребки в нерабочем состоянии

Целью работы является исследование работы скребкового механизма [1, с. 109], выявление слабых мест в конструкции и выдача рекомендаций по его модернизации и проектированию с целью повышения надежности работы и долговечности конструкции аппарата.

На рис. 2 представлена схема установки скребка в опорах скребкового вала. Был выполнен расчет скребка на прочность, как балки на двух опорах, нагруженной равномерно распределенной силой. Усилие на скребке (2 Н/мм) определялось, исходя из производственных данных по установленной мощности электродвигателя привода вращения скребковых валов.

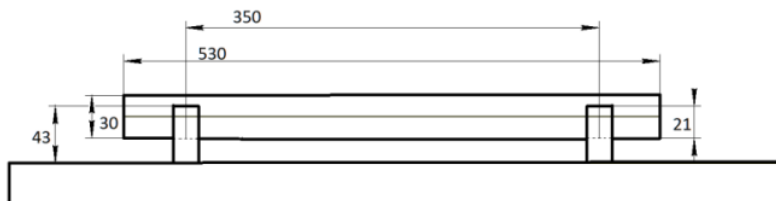


Рис. 2. Схема расположения скребка в опорах скребкового вала

На рис. 3 представлены эпюры перерезывающих сил и изгибающих моментов от действия равномерно распределенной нагрузки.

Можно видеть, что максимальный изгибающий момент находится в средней части скребка. В зонах опор изгибающие моменты и напряжения в скребке значительно меньше. Максимальные напряжения в середине скребка составляют 180 МПа, а в зоне опор — 64 МПа.

Очевидно, что при уменьшении расстояния между опорами напряжения в средней части будут уменьшаться, а вблизи опор увеличиваться. Это позволит создать равнопрочную конструкцию и уменьшить максимальные напряжения. Было определено расстояние между опорами, при котором напряжения в средней части скребка равны напряжениям в зоне опор. Оно определяется как $l = 0,586L$, где L – длина скребка.

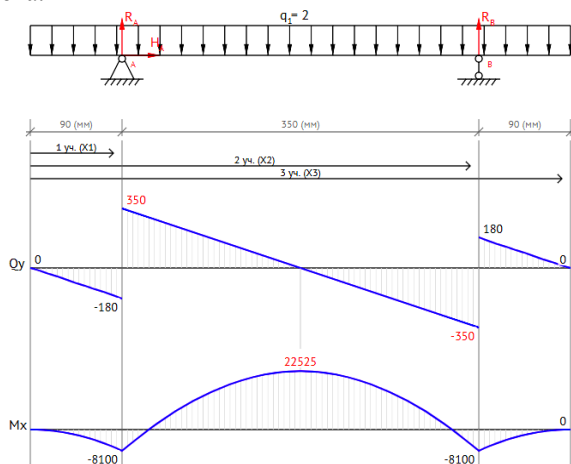


Рис. 3. Эпюры перерезывающих сил и изгибающих моментов

Здесь скребок рассматривался как балка прямоугольного сечения, работающая на изгиб в одной плоскости под действием равномерно распределенной нагрузки. В действительности скребок имеет S-образную форму сечения, опоры имеют такую конструкцию, которая вызывает изгиб скребка в двух плоскостях, а внешняя нагрузка приложена только к верхней поверхности скребка.

Для уточнения полученной зависимости было выполнено численное исследование работы скребка. Исследование проводилось в системе Компас-3D, где создавалась модель конструкции, и выполнялись расчеты методом конечных элементов [2] с помощью интегрированного модуля АРМФЕМ [3]. На рис. 4 представлены расчетная модель и результаты расчета напряжений по Мизесу. Так как конструкция симметрична, рассчитывалась половина скребкового механизма (одна опора и половина скребка).

Видим, что максимальное напряжение возникает в средней части скребка и составляет 180,5 МПа, что почти совпадает с аналитическим

расчетом. В зоне опоры напряжения равны 53,4 МПа, что немного ниже напряжений, полученных ранее аналитически.

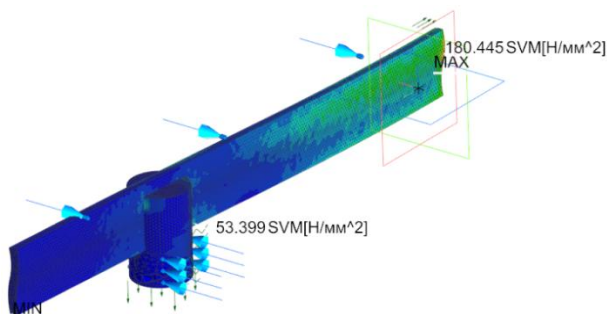


Рис. 4. Расчетная модель и результаты расчета

Был выполнен повторный расчет с уменьшением расстояния между опорами (рис. 5). Расчет показал, что наименьшие напряжения (141 МПа) в скребке возникают при уменьшении расстояния между опорами до 304 мм. В этом случае полученную ранее зависимость для расчета расстояния между опорами можно уточнить. Соотношение можно переписать как $l = 0,574L$.

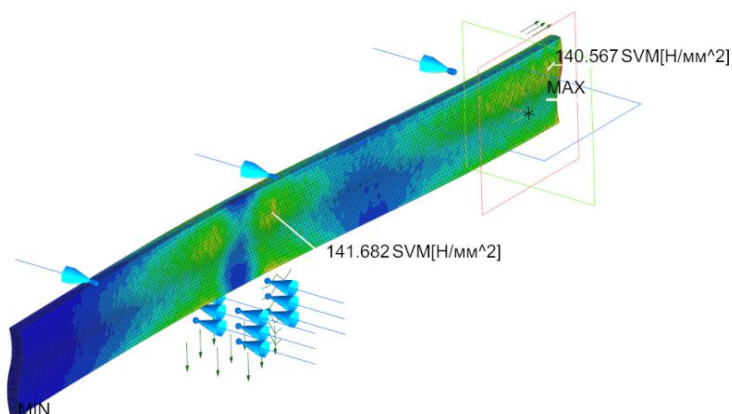


Рис. 5. Распределение напряжений по Мизесу

Таким образом, в результате проделанной работы установлено, что уменьшение расстояния между опорами до величины $l = 0,574L$ позволяет максимально уменьшить напряжения в скребке. Для

дополнительного снижения напряжений необходимо менять геометрию скребка, например, перейти к Т или Г-образной форме его сечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Загидуллин, С.Х. и др.* Основное технологическое оборудование нефтеперерабатывающих заводов: Учебное пособие. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-т, 2010. 117 с.
2. *Зенкевич, О.* Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 543 с.
3. Компас-3DARMFEM. URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/arm/>

КОНСТРУКЦИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЖИДКИХ СРЕД И ГАЗОВ

А.В. Шошнев, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова

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

Ярославский государственный технический университет

Целью данной работы является исследование регулирующего клапана, сфера применения и его строение. Обнаружение недостатков и разработка нового вида конструкции регулирующего клапана.

***Ключевые слова:** регулирующийся клапан, кавитация*

THE DESIGN OF THE CONTROL VALVE TO ENSURE THE REGULATION OF LIQUID MEDIA AND GASES

A.V. Shoshnev, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova

Scientific Supervisors – **A.E. Lebedev**, Professor, Doctor
of Technical Sciences;
A.B. Kapranova, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The purpose of this work is to study the control valve, the scope of application and its structure. Detection of deficiencies and development of a new type of control valve design.

***Keywords:** control valve, cavitation*

Регулирующий клапан один из видов регулирующей трубопроводной арматуры. Они заслужили право считаться ключевыми компонентами экономической эффективности и безопасности установок, в которых они установлены. Выполнение задачи регулирования расхода и давления регулируемые клапаны осуществляют за счет изменения

расхода среды через свое проходное сечение. Материал изготовления регулирующих клапанов зависит напрямую от типа рабочей среды, с которой клапан будет иметь контакт.

Наиболее важное направление развития регулирующих клапанов – увеличение надежности, уменьшение энергоемкости, повышение точности регулирования, рост диапазона значений объемного расхода среды и перепада давления, увеличение быстродействия, еще большая коррозионная стойкость, простота в управлении и эксплуатации. И при этом конструкции клапанов должны быть надежными и простыми, не требующими технического обслуживания в межремонтный период.

Несмотря на их широкое использование они имеют общий недостаток- возникновение кавитации в процессе регулирования расхода жидких сред и газов. Под кавитацией понимают возникновение пузырьков в потоке жидкости при снижении рабочего давления, которое может происходить при увеличении её скорости. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением.

Для устранения возникновения кавитации в клапане регулирующем, содержащем корпус с входным и выходным патрубками, крышку с уплотнением крышки, плунжер, имеющий на нижнем конце цилиндрический выступ, седло с уплотнением седла, уплотнение плунжера, выполненное в виде шевронного пакета с регулируемыми прокладками, фиксируемое поджимной гайкой, в которой размещен грязесъемник, к боковой поверхности цилиндрического выступа прикреплена спираль, одним концом соединенная с нижней частью плунжера, а другим - с плоским диском с отверстиями, причем шаг спирали увеличивается от плунжера к плоскому диску.

Клапан регулирующий содержит корпус 1, с входным 2 и выходным 3 патрубками, крышку 4 с уплотнением крышки 5, плунжер 6, имеющий на нижнем конце цилиндрический выступ 7, седло 8 с уплотнением седла 9. Уплотнение плунжера 6, выполненное в виде шевронного пакета 10 с регулирующими прокладками 11, фиксируемое поджимной гайкой 12, в которой размещен грязесъемник 13.

К боковой поверхности цилиндрического выступа 7 прикреплена спираль 14, одним концом соединенная с нижней частью плунжера 6, а другим - с плоским диском 15 с отверстиями 16. Шаг спирали 14 увеличивается от плунжера 6 к плоскому диску 15.

В полностью открытом положении плунжер 6 поднят на максимальную величину, жидкость поступает в клапан через входной патрубок 2, проходит через отверстие в седле 8 и отверстия 16 в плоском диске 15 и, обтекая цилиндрический выступ 7, спираль 14 и плоский диск 15, направляется в выходной патрубок 3.

При полностью закрытом положении плунжер 6 находится в нижнем положении, своим торцом он перекрывает отверстие в седле 8, жидкость через клапан не проходит. В этом положении цилиндрический выступ 7, прикреплен к его к боковой поверхности спираль 14, соединенная с плоским диском 15 с отверстиями 16, находятся внутри седла.

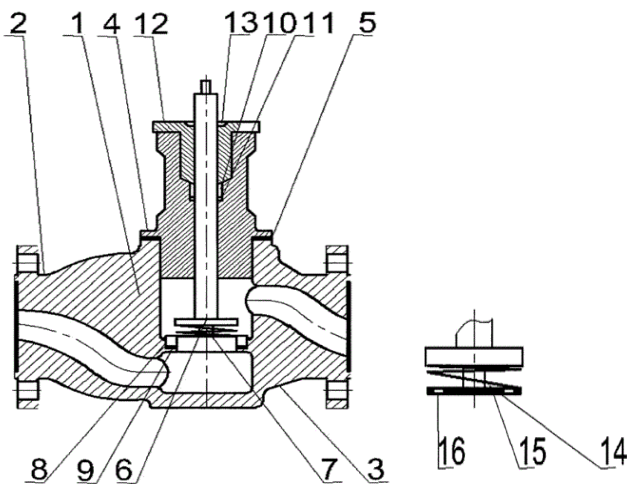


Рис. 1. Клапан регулирующий

При открытии клапана плунжер 6, имеющий на нижнем конце цилиндрический выступ 7, к боковой поверхности которого прикреплена спираль 14, соединенная с плоским диском 15 с отверстиями 16, поднимаются вверх, при этом происходит открытие прохода для жидкости.

На начальных фазах жидкость проходит через зазор между седлом и плунжером и отверстия 16 в плоском диске 15. Поток делится витками спирали 14 и отверстиями 16 на струи, что способствует рассеиванию энергии потока и предотвращению кавитации. За счет того, что шаг спирали 14 увеличивается от плунжера 6 к плоскому диску 15 на начальных фазах открытий, когда скорость потока максимальна, а давление низкое, процесс взаимодействия потока с витками спирали происходит в местах, где шаг минимальный. Это позволяет на начальном этапе разделить поток на большее количество струй. Далее, при подъеме

плунжера 6, плоский диск 15 выходит из седла 8, увеличивается проходное сечение и происходит снижение скорости потока. Взаимодействие потока происходит с большим количеством витков спирали, при этом шаг витков увеличивается (от плунжера к плоскому диску), что позволяет эффективно бороться с кавитацией и плавно увеличивать расход жидкости через клапан.

Таким образом, с целью борьбы с кавитацией, при открытии клапана поток делится отверстиями 16 и витками спирали 14 на струи, причем на начальных фазах открытия, жидкость проходит между витками с меньшим шагом, то есть делится на большее количество струй, а далее, когда скорость снижается, расстояния между витками увеличивается (увеличивается шаг спирали 14).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12893-2005 Клапаны регулирующие односельные, двусельные и клеточные. Общие технические условия. М.: Стандартиформ, 2008
2. Пат. 2779083 Российская Федерация. Регулирующий клапан / Лебедев Антон Евгеньевич и др.; Оpubл. 31.09.22, Бюл. № 25.
3. *Пирсол, И.* Кавитация / Пер. с англ. Ю.Ф. Журавлёва. М., «Мир», 1975. 95 с.
4. Арзуманов, З.С. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях. М.: Энергия, 1978. 303 с.

АКТУАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В САПР КОМПАС

Д.В. Федорова, С.А. Фомин

Научный руководитель – **Д.В. Федорова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается применение САПР КОМПАС-3D для актуализации конструкторской документации на примере типового аппарата химического производства.

***Ключевые слова:** КОМПАС-3D, документация конструкторская, автоматизация, генерация 3D-модели*

UPDATE OF DESIGN DOCUMENTATION THROUGH PREPARATION OF A DIGITAL TWIN IN CAD KOMPAS

D.V. Fedorova, S.A. Fomin

Scientific Supervisor – **D.V. Fedorova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The use of CAD KOMPAS-3D for updating design documentation is considered using the example of a typical chemical production apparatus.

***Keywords:** KOMPAS-3D, gearbox, an application library, standard products, the generation of 3D-models*

Сегодня 3D-технологии являются неотъемлемым направлением автоматизации проектирования. Нет никаких сомнений в необходимости их применения на всех стадиях жизненного цикла проекта.

Наиболее важна актуализация старых чертежей с помощью САПР (обработка документов при переводе их в электронный вид с учетом требований ЕСКД и современных регламентов). Один из вариантов — это использование САПР Компас. Инструментарий Компас-3Д позволяет быстро и качественно не только восстановить/обновить конструкторскую документацию, но и визуализировать ее с помощью системы 3D моделирования, чтобы в дальнейшем вносить правки.

Архивные чертежи могут быть неверно интерпретированы, не все выносные элементы или справочные обозначения понятны. При нормоконтроле ошибки могут избежать обнаружения. Чертежам может потребоваться повторный контроль на другой стадии производственного цикла.

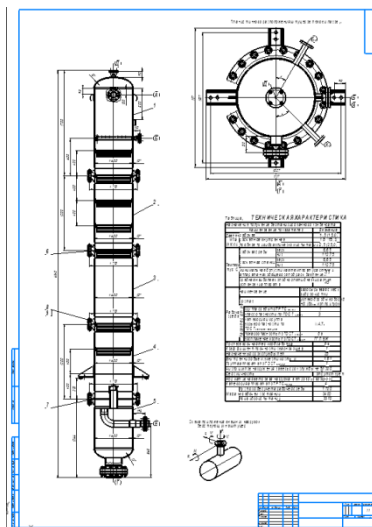


Рис. 1. Общий вид

Процесс трехмерного моделирования довольно трудозатратный, но работать с ним в дальнейшем гораздо проще и удобнее чем с двухмерными чертежами, меньше времени на документирование, снижение издержек. Эти два аспекта проектирования выполняются одновременно на основе модели.

На основе модели можно получить результаты прочностного анализа, в дальнейшем служащие не только основанием для внесения изменений в конструкцию, но и помогающие определить, какие именно изменения необходимо внести в модель в каждой конкретной ситуации.

В качестве примера актуализации рассматривается колонна-деэтанализатор, в основе работы которой процесс ректификации. Поступающее в колонну сырье делится на две части – высококипящий и низкокипящий компонент. Оно подается в среднюю часть колонны на тарелку питания. Сырье может быть в виде пара, жидкости или парожидкостной смеси.

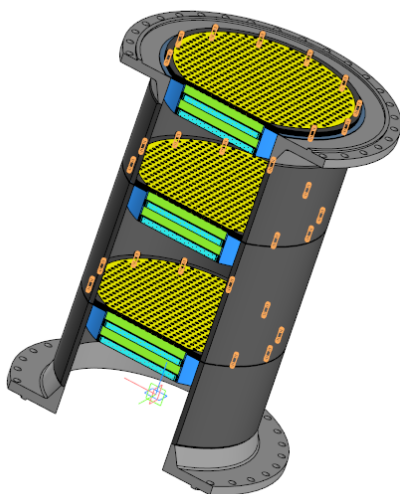


Рис. 2. Царга-2

Поступившая в колонну жидкая смесь стекает по контактным устройствам (тарелкам) (рис. 4) в нижнюю часть колонны, которую называют отпарной. Навстречу потоку жидкости поднимаются пары смеси, образующиеся при кипении жидкости в кубе колонны.

Такую модель проще скорректировать, чем менять изготовленный объект. Двумерное изображение предмета нельзя ни повернуть, ни детально рассмотреть – оно статично, а 3d -модели динамичны. Их можно изучать с любого ракурса, оценив возможные недостатки, а сложные объекты можно проверить на пересечения поверхностей, что крайне важно, поскольку если размеры и габариты деталей подобраны неверно, это чревато огромными финансовыми затратами.

Трёхмерное моделирование в Компас 3D позволяет получить максимально четкое представление о том, как будет выглядеть реальный объект; исправить ошибки (при их наличии) на стадии разработки; значительно ускорить производственный цикл; получить детализированную, динамичную модель, которую можно рассмотреть с разных ракурсов; проверить собираемость модели до выпуска опытного образца; импортировать в Inventor и любую другую САПР, нанести размеры и запустить в производство.

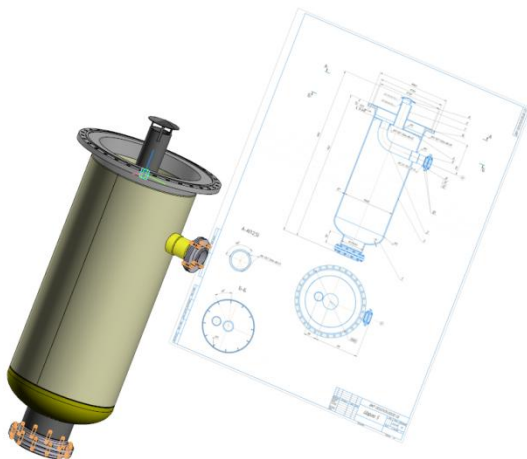


Рис. 3. Царга-5

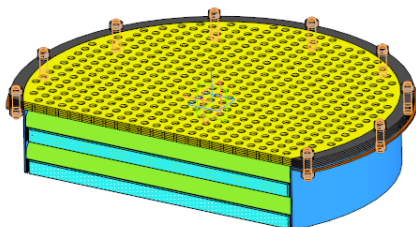


Рис. 4. Тарелка

Система 3D моделирования позволяет студентам и начинающим специалистам формировать навык чтения чертежей и пространственного мышления для создания проектов. Очень часто приходится работать с растровыми чертежами, которые приходится оцифровывать при помощи системы 2D проектирования. Для этого у Компас 3D есть все необходимые инструменты. При работе со старыми чертежами, случается так, что нехватает какого то вида или разреза. Раньше приходилось тратить много времени для того чтобы разобраться в чертеже и выполнить необходимую часть. Теперь же можно нажатием одной

кнопки перейти из 2D проектирования в 3D моделирование и создать модель, по которой уже можно будет получить необходимый вид или разрез. Благодаря возможности получить 3D модель до того как чертеж пойдет в работу, можно проверить точность проделанной работы и внести правки в саму модель, а уже после снять с нее чертежи.

Разработкой продукта производства занимается целая команда разных специалистов и трехмерная модель позволяет каждому наглядно увидеть все детали будущего изделия. Таким образом отделу маркетинга или совету директоров не придется каждый раз изучать новые чертежи, чтобы представить как будет выглядеть изделие после правки. Система автономного проектирования очень гибкая. Это ее свойство позволяет менять конечное изделие прямо в трехмерной модели – сборке. Что несомненно ускоряет процесс внесения изменений и согласование проекта.

Таким образом мы можем на примере цапги № 5 изменить направление отводного патрубка, изменить компоновку фланцевого соединения или изменить цвет будущей колонны непосредственно в процессе согласования проекта.

В результате создается цифровой двойник объекта для подробного анализа, без затратных физических прототипов, потери времени и срыва сроков изготовления.

КЛАССИФИКАЦИЯ И СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗЦОВЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

О.К. Украженко¹, К.А. Украженко²

¹ Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П. А. Соловьева

² Ярославский государственный технический университет

В работе представлен краткий обзор современных конструкций инструментальных резцовых модулей, приведён их анализ, проведена классификация по структурно-компоновочным признакам. В классификацию введён новый признак, на основе которого разработан способ повышения жесткости соединений призматических резцов с резцедержателем.

Ключевые слова: инструментальный резцовый, жесткость, соединений, призматический резец, классификационный признак, базовые оправки, устройства зажима

CLASSIFICATION AND METHOD OF PROMOTION RIGIDITY OF TOOL CUTTING MODULES FOR TURNING

O.K. Ukrazhenko¹, K.A. Ukrazhenko²

¹ Rybinsk State Aviation Technical University
named after P.A. Solovyov;

² Yaroslavl State Technical University

The paper presents a brief overview of modern instrumental incisor module designs, their analysis is given, classification according to structural and layout features is carried out. A new feature has been introduced into the classification, on the basis of which a method has been developed to increase the rigidity of the joints of prismatic incisors with a tool holder.

Keywords: instrumental incisor module, stiffness, joints, prismatic cutter, classification feature, basic mandrels, clamping devices

Под инструментальным резцовым модулем (ИРМ) понимается инструментальная компоновка (наладка), состоящая, по меньшей мере, из базовой оправки, или блока, устанавливаемой в револьверной головке

токарного станка и закреплённым в ней режущим элементом. Самый простой *ИРМ* представляет собой базовую оправку, например, типа *HSK* или *Capto* (рис. 1) с режущей сменной многогранной пластиной.

В качестве базовых оправок для соединения со станком в настоящее время широко используются:

- специализированные, в частности, быстросменные, типа *VDI* и стационарные типа *BMT*;
- универсальные, для многоцелевых станков токарной и сверлильно-фрезерно-расточной группы, типа *HSK*, *Capto*, *Kennametal* и другие, с современными жесткими соединениями.

Наибольшее распространение в качестве режущих элементов *ИРМ* получили призматические резцы, закрепляемые в резцедержателях базовых оправок типа *VDI* (рис. 2). Ведущими мировыми производителями данных инструментальных модулей для токарной обработки являются фирмы: «Kemmler», «GSM», «KINTEK», «Bison» и др.



Рис. 1. ИРМ на базе оправки типа *Capto*



Рис. 2. ИРМ на базе оправки типа *VDI*

Конструкция *ИРМ* для резцов с призматической державкой определяется устройством их зажима в резцедержателе базовой оправки. В настоящее время применяются соединения с использованием винтов с зажимной планкой (см. рис. 2).

Недостатком данных устройств является относительно низкая контактная жесткость резцов с резцедержателем, т.к. зажим производится только по одной опорной поверхности. Для повышения силы зажима резцов некоторые инструментальные фирмы начали применять клиновые планки с поперечным (относительно продольного расположения резца) их перемещением при зажиме.

С целью получения более полного представления об объекте исследования разработана классификация *ИРМ* по основным структурно-компоновочным признакам (рис. 3). Для определения потенциальной

способности (возможности) повышения контактной жесткости в разработанную классификацию в раздел «призматические державки резцов» введён новый признак – «по числу *БЗП* в державках резцов».

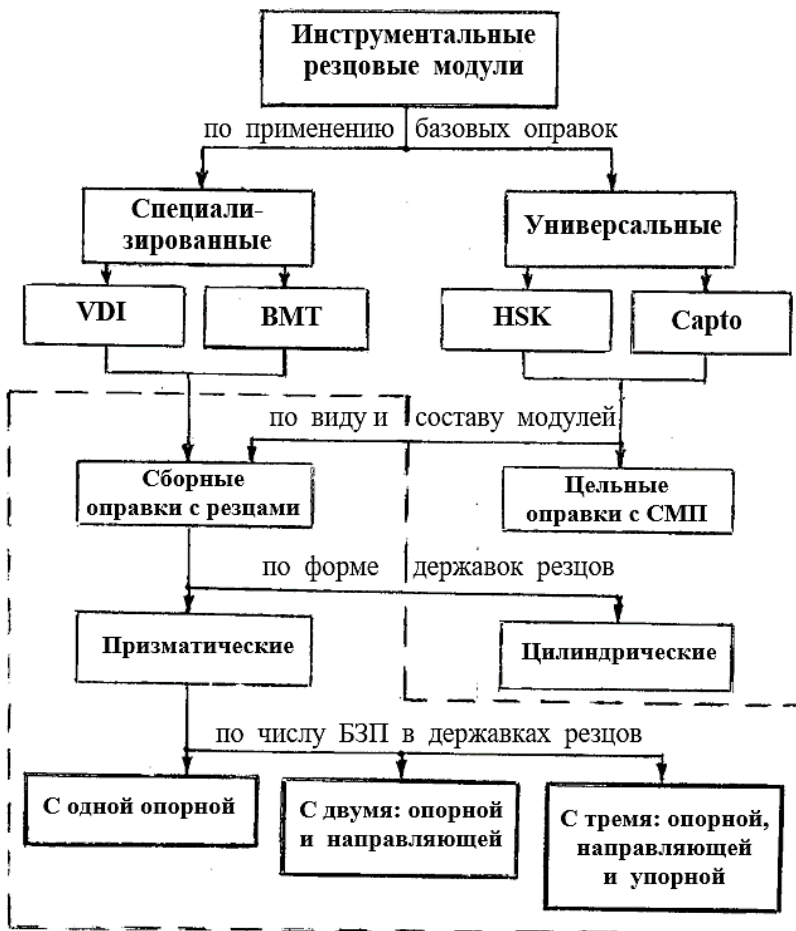


Рис. 3. Классификация инструментальных резцовых модулей для токарной обработки по основным структурно-компоновочным признакам (пунктиром выделены исследуемые компоненты, *БЗП* – базисуемые зажимные поверхности)

На основании введённого нового признака разработаны физические модели упругих контактных (нормальных δ_n и касательных δ_τ) перемещений, например, от силы резания P_z : с одной – опорной, двумя – опорной и направляющей, и тремя – опорной, направляющей и упорной БЗП с зажимными силами P_1, P_2, P_3 , представленные на рис. 4.

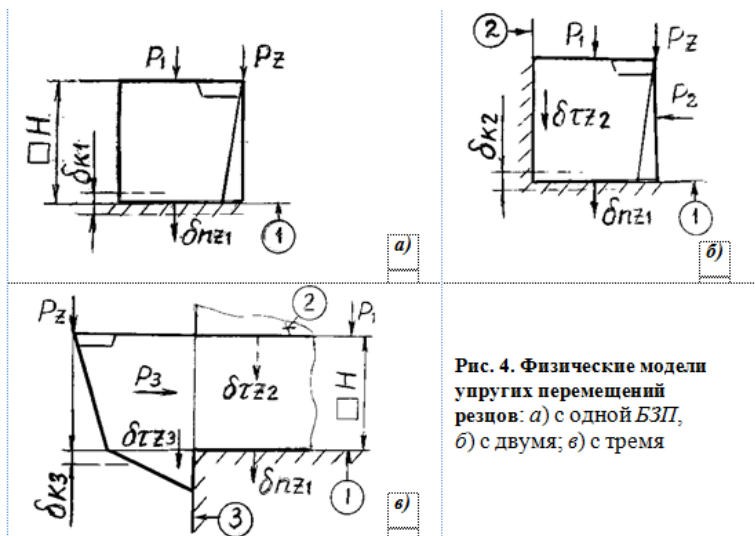


Рис. 4. Физические модели упругих перемещений резцов: а) с одной БЗП, б) с двумя; в) с тремя

Согласно физических моделей разработаны математические модели для определения упругих контактных перемещений резцов по зависимостям из выражений: (1) – с одной; (2) – с двумя; (3) – с тремя БЗП.

$$\delta k1 = \delta n_{z1}, \quad (1)$$

$$\delta k2 = \frac{\delta n_{z1} \cdot \delta \tau_{z2}}{\delta n_{z1} + \delta \tau_{z2}}, \quad (2)$$

$$\delta k3 = \frac{\delta n_{z1} \cdot \delta \tau_{z2} \cdot \delta \tau_{z3}}{(\delta \tau_{z2} \cdot \delta \tau_{z3}) + (\delta n_{z1} \cdot \delta \tau_{z3}) + (\delta n_{z1} \cdot \delta \tau_{z2})}. \quad (3)$$

Исходя из приведения (суммирование) упругих перемещений ($\delta k1, \delta k2, \delta k3$), в каждом из трёх типов резцов, от силы резания P_z , (см. рис. 4), по определенному правилу [1], следует, что $\delta k1 \gg \delta k2 > \delta k3$.

В заключение необходимо отметить, что расчёты показывают повышение жесткости резцов с двумя и тремя БЗП в 3,5-4 раза, чем с одной, а общей жесткости ИРМ – в 1,25-1,35 раза, с учётом собственной жесткости резца и соединений базовой оправки со станком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Украженко, К.А.* Инструментальные системы машиностроительных производств : учебное пособие для вузов. 2-е изд. М.: Издательство Юрайт, 2022. 235 с.

СЕКЦИЯ "МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛОВ"

УДК 517.925

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН БРАКА ШЕСТЕРНИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ТЕПЛОВОЗА ВЛ80

О.И. Абросимова, Т.Д. Стоянова

Научный руководитель - **Т.Д. Стоянова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF THE DEFECTIVE GEAR OF THE WHEEL PAIR OF THE LOCOMOTIVE VL80

O.I. Abrosimova, T.D. Srtoyanova

Scientific Supervisor – **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

На предприятии, ЯЭРЗ имени Б.П. Бещева, возникла проблема: на рабочей поверхности зубьев шестерни тепловоза ВЛ80 были обнаружены трещины. Трещины располагаются параллельно друг к другу по всей поверхности рабочей части зуба на расстоянии 5-10 мм.

На предприятии процесс производства шестерни следующий:

- 1) Горячая штамповка создания общего контура шестерни.
- 2) Механическая обработка- вырезка профиля зубьев шестерни.
- 3) Цементация.
- 4) Нормализация.
- 5) Закалка.
- 6) Низкий отпуск.
- 7) Окончательное шлифование.

Цементация – технологический процесс высокотемпературного насыщения поверхностных слоев изделия атомами углерода при нагревании в соответствующей среде- карбюризаторе.

Как правило, цементацию проводят при температуре выше точки A_{c3} (930-950), когда устойчив аустенит, растворяющий углерод в больших количествах.

Назначение цементации и последующей термической обработки придать поверхностному слою высокую твердость и износостойкость, повысить усталостную прочность, а также повысить предел контактной выносливости и предел выносливости при изгибе и кручении. Цементацией достигается выгодное распределение углерода по сечению. Окончательно формирует свойства цементованной детали последующая закалка, при которой на поверхности получается высокоуглеродистый мартенсит, а в сердцевине сохраняется низкая твердость и высокая вязкость.

Для цементации обычно используют низкоуглеродистые (0,1-0,18 % C), чаще легированные, стали. Пример таких сталей: 15; 20; 25; 18ХГТ; 20Х; 20Х4Н2 и др. Для цементации крупногабаритных деталей применяют стали с более высоким содержанием углерода (0,2-0,3 %C).

Цементованный слой имеет переменную концентрацию углерода по толщине, убывающую от поверхности к сердцевине детали. В связи с этим после медленного охлаждения в структуре цементованного слоя можно различать три зоны: заэвтектоидная зона, структура которой состоит из перлита и избыточного цементита ($C=1,0-1,1$ %); эвтектоидную, состоящую из одного пластинчатого перлита ($C=0,7-0,8$ %), и доэвтектоидную зону - из перлита и феррита ($C=0,4-0,7$ %). Оптимальная микроструктура стали, подвергнутой цементации и окончательной термической обработке, должна состоять: в цементованном слое из мелкоигольчатого мартенсита с минимальным количеством остаточного аустенита, а в сердцевине - из малоуглеродистого мартенсита, продуктов промежуточного превращения или сорбита.

Требования конструктивного чертежа к шестерни колесной пары:

- Твердость на поверхности зубьев 56-63 HRC;
- Толщина цементованного слоя до шлифования 2,4...3,2;
- Толщина цементованного слоя после шлифования 2...2,8;
- Твердость основного металла 294 НВ (31,5 HRC).

Таблица 1. Технологический процесс изготовления шестерни ВЛ80 из стали 20ХН3А

Операция технологического процесса	Переход технологического процесса
1 Операция – цементация	1. Температура цементации 900 °С. 2. Время выдержки 25-26 часов. 3. Охлаждение на воздухе до температуры цеха в течение 5-6 часов.

2 Операция – нормализация	<ol style="list-style-type: none"> 1. Температура нормализации $870 \pm 20^\circ\text{C}$. 2. Время выдержки при тем-ре $870 \pm 20^\circ\text{C}$ – 2 часа. 3. Охлаждение на воздухе не менее 5 часов.
3 Операция – закалка	<ol style="list-style-type: none"> 1. Температура закалки 830°C. 2. Время выдержки в печи 2 часа. 3. Охлаждение в масле.
4 Операция – низкий отпуск	<ol style="list-style-type: none"> 1. Температура отпуска $200-210^\circ\text{C}$. 2. Время выдержки при тем-ре $200-210^\circ\text{C}$ – 2 часа. 3. Охлаждение на воздухе.

Исследование микроструктуры цементованного слоя поверхности зубьев шестерен:

- структура цементованного слоя - с поверхности мелко и средне игольчатый мартенсит с остаточным аустенитом не более 10 %. По границам зерен наблюдается цементитная сетка, что свидетельствует о перенасыщении цементитного слоя углеродом. Замер твердости зубчатых колес – 51-60 HRC. Трещины, наблюдаемые на поверхности зубьев – в плоскости микрошлифа, расположены перпендикулярно поверхности, прямые, имеют слегка извилистый характер. На поверхности трещин обезуглероженного и цементованного слоя не наблюдается.

Основываясь на следующих данных исследования можно сделать несколько выводов:

1. Неравномерная твердость на поверхности зуба свидетельствует о наличии шлифовочного прижога.
2. Отсутствие обезуглероженного и цементованного слоя на внутренней поверхности трещин и форма трещин свидетельствует о том, что трещины образовались после термической обработки.
3. Трещины на поверхности зубьев шестерни являются шлифовочными.

Причиной образования трещин являются большие растягивающие напряжения в поверхностной зоне, превышающие прочность металла.

К возникновению трещин при шлифовании приводят:

1. Чрезмерно жесткие режимы шлифования (чрезмерная твердость шлифовальных кругов, недостаточное охлаждение, вибрации при шлифовании).
2. Неудовлетворительное состояние шлифуемого материала (перегрев стали при закалке, наличие в структуре повышенного количества остаточного аустенита, грубая карбидная сетка).

Чтобы трещины при шлифовании не образовывались, сталь должна иметь мелкозернистое строение и высокий предел прочности цементованного слоя.

Причиной образования шлифовочных трещин при шлифовке на поверхности зубьев исследуемой шестерни явилось образование цементитной сетки в процессе цементации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сагарадзе, В.С.* Повышение надежности цементуемых деталей. М.: "МАШИНОСТРОЕНИЕ", 1975. 216 с.
2. *Гуляев, А.П.* Металловедение. 6-е изд. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
3. *Райцес, В.Б.* Технология химико-термической обработки на машиностроительных предприятиях. М.: Издательство «Машиностроение», 1965. 295 с.

НАНОКОМПОЗИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ, ПОВЫШАЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ К КОРРОЗИИ ДЛЯ СТАЛИ

**В.С. Бояркин, С.С. Аникеев, Р.И. Гафтулхатов,
Н.Г. Макаренко**

Научный руководитель – **Н.Г. Макаренко**, канд. техн. наук

Военный инновационный технополис «ЭРА»

Сталь известна из-за низкой стоимости изготовления, высокой механической прочности и, следовательно, широко используется для бурового оборудования, трубопроводов, судостроения и морских сооружений. Коррозия стали является дорогостоящей проблемой во многих областях применения. В этой статье нанокompозитное покрытие рассматривается как предпочтительная стратегия повышения коррозионной стойкости стали.

Ключевые слова: нанокompозиты, коррозия, покрытия

NANOCOMPOSITE COATINGS INCREASING CORROSION RESISTANCE FOR STEEL

**V.S. Boyarkin, S.S. Anikeev, R.I. Gaftulkhatov,
N.G. Makarenko**

Scientific Supervisor - **N.G. Makarenko**, Candidate of Technical Sciences

Military Innovative Technopolis «ERA»

The steel is known for its low manufacturing cost, high mechanical strength and hence is widely used for drilling equipment, pipelines, shipbuilding and offshore structures. Steel corrosion is a costly problem in many applications. In this article, nanocomposite coating is considered as the preferred strategy for improving the corrosion resistance of steel.

Keywords: nanocomposites, corrosion, coatings

Покрытие для повышения механической прочности и коррозионной стойкости является одним из лучших практических и экономичных

методов для металлических компонентов. Сталь является незаменимым металлическим сплавом на железных дорогах, в строительстве, мостах, приборах, нефтегазовой отрасли, и других инфраструктурах. Однако сталь подвержена коррозии, что требует замены поврежденных деталей и приводит к огромным потерям времени и денег на техническое обслуживание. Следовательно, вопросы, связанные с защитой и долговечностью компонентов на основе стали, заслуживают внимания и исследований. Экономическое исследование показало, что внутреннее покрытие трубопроводов или других конструкций более рентабельно, чем покрытие из чистой углеродистой стали с ингибиторами.

Коррозия стали — это в основном электрохимическая реакция, которая происходит в присутствии воды, O_2 и ионов, таких как ионы Cl^- . Кроме того, такие газы, как CO_2 , CO , SO_2 и NO_2 , ускоряют процесс коррозии. Когда в электролите содержатся металлы, отличающиеся стандартными электродными потенциалами, электроны переходят от металлов с большим отрицательным потенциалом, и коррозия происходит в том месте, откуда уходят электроны. Обычно используемые методы предотвращения коррозии: пассивная барьерная защита: защитное покрытие для предотвращения воздействия к атмосфере, например, эпоксидные покрытия, активная защита - грунтовка, содержащая реактивный химикат, который разрушает анодное образование, наносится непосредственно на сталь, например, $Zn_3(PO_4)_2$, где ион Zn^{2+} действует как катодный ингибитор, а ионы $(PO_4)_3^-$ действуют как анодный ингибитор.

Органические полимерные покрытия или краски на основе эпоксидных смол, полиуретана (ПУ) и акрила широко используются для предотвращения коррозии [1.] Смолы действуют как барьер, который физически предотвращает контакт металла с агрессивной окружающей средой. Однако свойства смолы во многих случаях оказываются недостаточными для предотвращения проникновения агрессивных ионов через поры смолы. Одного чистого полимера недостаточно для эффективного предотвращения коррозии, и в настоящее время изучаются новые стратегии, такие как нанокompозитные покрытия [2] .

Нанокompозиты на основе полимеров, в которых органические полимеры, армированные органическими/неорганическими наполнителями, в последнее время стали важной областью исследований. Размер, форма, морфология и весовой процент наполнителей сильно влияет на внутренние свойства композитов. Синергический вклад термически и механически стабильных неорганических/органических материалов легких, гибких и пластичных органических полимеров делает композиты превосходящими аналогичные по своим свойствам. Для предотвращения коррозии стали исследованы наноструктурированные гидрофобные и супергидрофобные покрытия грунтовок. Установлено, что они действуют как хоро-

ший барьер для воды и, следовательно, эффективно блокируют водопоглощение и увеличивают срок службы металлов и их сплавов. В типичное нанокompозитное покрытие добавляются специальные наночастицы (НЧ) для улучшения общих характеристик. НЧ оксида алюминия, диоксида титана, диоксида кремния являются хорошо известными материалами, используемыми в составах покрытий. Было обнаружено, что НЧ изменяют поверхностную энергию изначально гидрофобных силоксановых полимеров и, следовательно, улучшают характеристики нанокompозитного покрытия, погруженного в агрессивные среды [3].

Существует ряд способов улучшения свойств нанокompозитов за счет включения НЧ, волокон, стеклянных шариков и т. д. Установлено, что армирующие материалы улучшают термостойкость, коррозионную стойкость и механические свойства металлической матрицы благодаря своим уникальным свойствам. Однако основной проблемой при получении оптимальных свойств композитов является неравномерное распределение НЧ в матрице. В настоящее время ведутся исследования, направленные на преодоление этой проблемы для улучшения взаимодействия нанонаполнителей и полимерной матрицы. Было обнаружено, что функционализация материалов, таких как УНТ (углеродная нанотрубка), с большой площадью поверхности и силой притяжения Ван-дер-Ваальса улучшает дисперсию и, следовательно, улучшает термическую стабильность и механические свойства [4]. Было обнаружено, что сочетание двух или более различных материалов в полимерной или металлической матрице обеспечивает улучшенные механические свойства и коррозионную стойкость. Гибридные покрытия могут открыть новые возможности, особенно в покрытиях на основе эпоксидной смолы.

Хороший коррозионностойкий материал характеризуется хорошей прочностью и адгезией, высокими барьерными свойствами и экономичностью. Коррозионные исследования обычно проводят с использованием электрохимической ячейки с тремя конфигурациями электродов. В типичном эксперименте испытуемый образец действует как рабочий электрод, Ag/AgCl – как электрод сравнения, а платиновый стержень — как противозлектрод. Ряд параметров, определяющих степень коррозии, можно определить с помощью электрохимической рабочей станции. Некоторыми из них являются потенциал разомкнутой цепи, поляризационное сопротивление и скорость коррозии. В дополнение к вышеуказанным тестам, проводят тесты поверхностной энергии материала с покрытием, адгезионные свойства, водопоглощение, коэффициента теплового расширения (КТР), испытания на катодное отслаивание очень полезно при изучении полных характеристик материала с покрытием.

Композитный материал покрытия с низким КТР и высокой устойчивостью к прониканию газов может противостоять расслаиванию и кор-

розии. Оптимальная концентрация присадочного материала с хорошей дисперсией на металлической матрице может удлинить путь проникновения агрессивных ионов (высокий коэффициент извилистости) и продлить срок службы стали. Процесс коррозии будет различным в зависимости от природы и свойств стальных поверхностей. Функциональное покрытие из нанокompозитных материалов является одним из лучших способов предотвращения коррозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Joshi, M.* Polyurethane nanocomposite based gas barrier films, membranes and coatings: A review on synthesis, characterization and potential applications / M Joshi, B. Adak, B.S. Butola // *Progress in Materials Science.* 2018. Т. 97. С. 230-282.
2. *Nguyen-Tri, P, et al.* Nanocomposite coatings: preparation, characterization, properties, and applications // *Int J Corrosion* 2018. 2018: 1–19.
3. *Mardare, L.* Development of anticorrosive polymer nanocomposite coating for corrosion protection in marine environment / *L. Mardare, L. Benea* // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* IOP Publishing, 2017.-Т. 209. №. 1. С. 012056.
4. *Jagtap, S.B. et al.* Functionalized carbon nanotube reinforced polymer nanocomposite microcapsules with enhanced stiffness // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* 2018. Т. 550. С. 82-89.

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИН ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО
КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА ТРАНСФЕРНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ УСТАНОВОК ПЕРВИЧНОЙ
ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ**

К.В. Бутин, Д.Т. Березин

Научный руководитель – **Д.Т. Березин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ образования и распространения коррозии для трансферных трубопроводов. Изучены фактические производственные отказы.

***Ключевые слова:** коррозионный износ, трансферные трубопроводы, высокотемпературная сульфидная коррозия*

**INVESTIGATION OF THE CAUSES OF PREMATURE
CORROSION WEAR OF TRANSFER PIPELINES
OF PRIMARY OIL REFINING PLANTS**

K.V. Butin, D.T. Berezin

Scientific Supervisor – **D.T. Berezin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the formation and spread of corrosion for transfer pipelines is carried out. Actual production failures have been studied.

***Keywords:** corrosive wear, transfer pipelines, high temperature sulfide corrosion*

При переработке нефти на нефтеперерабатывающих производствах для транспортировки материальных потоков между оборудованием и аппаратами применяются трубопроводы.

Высокая коррозионная активность транспортируемой среды, наличие механических включений, а также высокие скорости потока приводят к преждевременному износу элементов трубопровода, и его выходу из строя. Это является существенной проблемой, так как любой отказ тру-

бопровода приводит к аварийной ситуации и немедленной остановке производственного процесса. В следствии высоких температур транспортировки продукта (как правило выше температуры самовоспламенения транспортируемой среды) разгерметизация неминуемо ведет к возникновению пожара или взрыва.

Наиболее остро данная проблема обстоит с трансферными трубопроводами. Трансферный трубопровод является связующим звеном между змеевиком технологической печи и ректификационной колонной или реактором. Перекачиваемым продуктом чаще всего являются нефтепродукты: нефть, масляные дистилляты, отбензиненная нефть, мазут и другие нефтяные фракции. Колонна может быть как атмосферной, так и вакуумной.

Применительно к трансферным трубопроводам основными режимами течения являются: пузырьковый, расслоенные (расслоенный гладкий и расслоенный волнистый), прерывистые (снарядный и пробковый), кольцевой и дисперсно-кольцевой.

Любой из вышеуказанных режимов течения среды в трубопроводе приводит к вибрации, пульсации расхода и давления, и даже гидравлическим ударам, что в свою очередь является циклической нагрузкой на трубопровод и его фасонные элементы.

Установлено, что в зависимости от интенсивности коррозионного и эрозийного процессов определяющим будет либо коррозия, либо силовое воздействие двухфазного потока (ударнокапельное нагружение металла).

Пример аварийного отказа (рис. 1) трансферного трубопровода на действующей технологической установке АВТ-3 переработки нефти с пропуском рабочей среды трубопровода № 21а “Отбензиненная нефть из печи П-4/2 в колонну К-1а” на Ярославском НПЗ. Внутренняя поверхность образца покрыта рыхлыми, слоистыми отложениями черного цвета, характерными для сульфида железа (рис. 2).

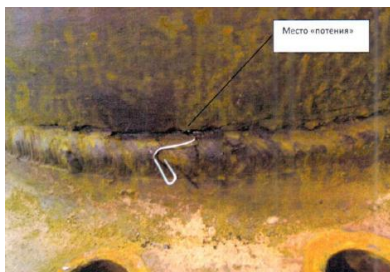


Рис. 1. Место пропуска в околошовной зоне



Рис. 2. Отложения на внутренней поверхности

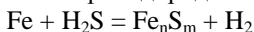
Полученные отложения с внутренних участков трубопровода были проанализированы в исследовательской лаборатории завода. Результаты представлены в таблица 1.

Таблица 1. Результаты анализа отложений

Показатель	Результат
Растворимость в воде	Не растворяются
Растворимость в толуоле	14 % мас
Растворимость в хлороформе	16 % мас
pH	4-5
Ионы S ²⁻	Присутствие, сильное
Ионы Fe ²⁺	Присутствие, сильное
Ионы SO ₄ ²⁻	Присутствие, слабое
Ионы NH ₄ ⁺	Присутствие, слабое
Содержание серы	24 % мас
Потеря массы при прокаливании 400°С	25 %
Потеря массы при прокаливании 700°С	33 %
Потеря массы при прокаливании 900°С	34 %
Цвет остатка после прокаливании	Красно-кирпичный

Таким образом можно сделать вывод, что отложения в основном состоят из продуктов коррозии сульфата и сульфида железа, сульфата аммония, и тяжелого нефтепродукта. Наличие подобных продуктов согласуется с исходным сырьем установок первичной переработки нефти. Влияние pH среды и отложений не значительно.

Одной из основных причин повышенного износа является влияние высокотемпературной сернистой коррозии (ВТСК) в основе которой лежит реакция окисления железа сероводородом:



В результате такой реакции на внутренней поверхности трубопроводов образуются сульфиды разного химического состава. Сероводород, служащий окислителем, образуется в рабочей среде в основном при разложении серосодержащих соединений нефти. По мере повышения температуры, сероорганические соединения все более включаются в реакцию, и в следствии чего концентрация сероводорода в транспортируемой среде растет, что в свою очередь приводит к росту скорости ВТСК.

Присутствие сероводорода в продукте способствует протеканию на поверхностях труб и деталей, ряда электрохимических процессов, результатом которых являются отложения продуктов коррозии см.

рис. 3 [1].

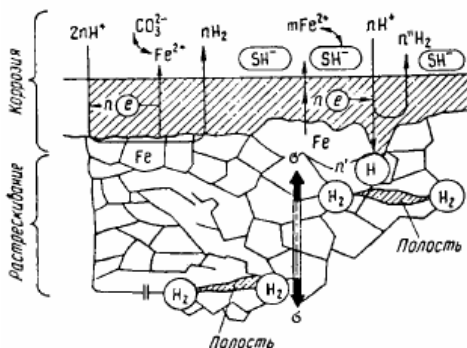


Рис. 3. Схематическое представление процесса воздействия коррозионно-опасной среды на металл

Значительный коррозионно-эрозионный износ внутренней поверхности трубопроводов в местах повреждения сульфидной пленки может быть вызван турбулентным высокоскоростным двухфазным потоком.

Для объяснения процессов пассивации железохромистых сплавов используют две основные теории – пленочную теорию пассивации и теорию изменения электронных конфигураций [2].

Пленочная теория пассивности металлов основывается на предположении, сформулированным в 1876 г. Фарадеем, в соответствии с которым пассивное состояние является следствием присутствия на поверхности сплавов химически связанного кислорода. Данная теория объясняет пассивное состояние металлов существованием тонкой защитной пленкой взаимодействия металла и окислителя, чаще всего оксидной природы, толщиной порядка нескольких десятков или сотен ангстрем.

На основе имеющихся данных стадийность процесса локальной коррозии для сталей может быть представлена следующим образом [3-5]:

1. Нарушение сплошности защитной пленки металл/оксид металла.
2. Зарождение и начальный этап роста питтингов
3. Поздние этапы роста питтингов
4. Репассивация питтингов

Таким образом, независимо от механизма действия и типа неметаллических включений их рассматривают в качестве потенциальных центров зарождения очагов локальной коррозии в виде питтингов и язв.

Схематично взаимное влияние различных факторов на коррозионную стойкость труб удобно представлять с использованием причинно-следственной диаграммы (схема Исикавы) показаны на рис. 4 на основе [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

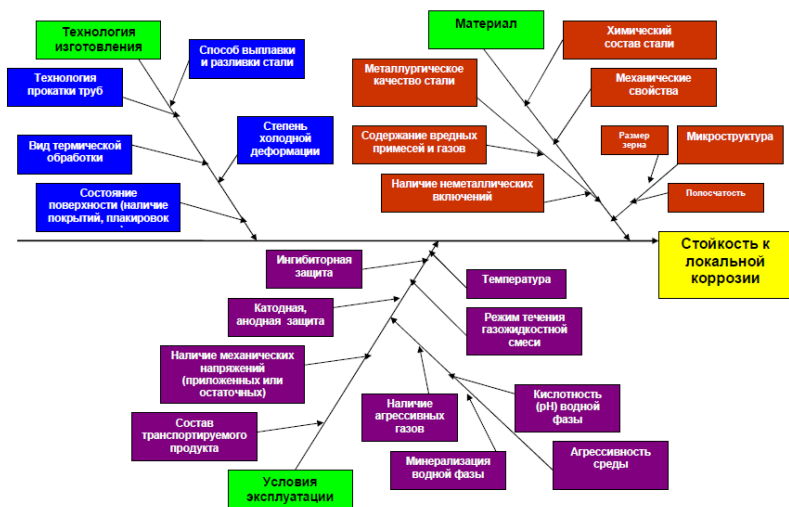


Рис. 4. Схема влияния различных факторов на коррозионную стойкость труб (диаграмма Исквавы)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пышминцев, И.Ю. О прогнозировании срока службы труб в сероводородсодержащих средах / И.Ю. Пышминцев, И.Н. Веселов, И.В. Костицына // Территория Нефтегаз. 2006. № 8. С. 16-18.
2. Улиг, Г. Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику / Г. Г. Улиг, Р. У. Ревиз; пер. с англ., под ред. А. М. Сухотина. Л.: Химия, 1989. 456 с.
3. Родионова, И.Г. К вопросу о составе и свойствах коррозионно-активных неметаллических включений в трубных сталях, механизмах влияния на коррозию. М.: Metallurgizdat, 2005. С. 15-36.
4. Реформатская, И.И. Влияние химического и фазового состава железа на его питтингостойкость и пассивируемость / И.И. Реформатская, А.Н. Сульженко // Защита металлов. 1998. Т. 34. № 5. С. 503-506.
5. Zhukov, A.A. Corrosion-resistant steel for permanent molds of pressure casting / A.A. Zhukov, A.D. Postnova, O.V. Nemtyrev, D.T. Berezin // Литейное производство. 2001. № 8. С. 14-15.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОСТИ ЛИТЕЙНОГО КОКСА

К.Е. Воробьева, Д.И. Казюлина

Научный руководитель – **В.А. Иванова**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Данная статья посвящена исследованию по установлению зависимости класса крупности литейного кокса и его пористости.

Ключевые слова: *литейный кокс, кажущаяся пористость, закрытая пористость, класс крупности литейного кокса*

POROSITY STUDY OF FOUNDRY COKE

K.E. Vorobieva, D.I. Kazulina

Scientific supervisor – **V.A. Ivanova**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article is devoted to a study to establish the dependence of the size class of foundry coke and its porosity.

Keywords: *foundry coke, apparent porosity, closed porosity, size class of foundry coke.*

Традиционно литейный кокс занимает по потреблению второе место после доменного, а самым крупным потребителем не доменного кокса является именно литейное производство [1]. Одно из основных различий кокса – крупность кусков. Для литейного производства требуется кокс более крупных размеров по сравнению с доменным. В основном, литейщики предпочитают использовать кокс размером более 80 мм, применяют также кокс класса крупности 60-80 мм, а металлурги, в свою очередь, используют только класс крупности 40-60 мм. При этом стоит учитывать, что при изменении класса крупности меняются характеристики и свойства кокса, что является следствием особенностей технологии коксования [2]. Таким образом, главной отличительной особенностью литейного кокса следует считать именно его крупность.

Литейный кокс получают при нагреве угля до высоких температур

в отсутствии воздуха – коксованием. Процесс формирования коксового пирога идет снаружи внутрь. Из-за различия скорости коксования различные слои коксового пирога будут иметь различные свойства. Кокс класса крупности 40-60 мм, как правило, располагается ближе к стенкам коксовой печи, а кокс класса 80 мм и более – в средней части коксовой печи. Таким образом, из одной коксовой печи, при извлечении коксового пирога будут получать кокс различных классов крупности с отличающимися свойствами и характеристиками [3].

Прочность кокса напрямую связана с его крупностью. Кокс меньшей крупности обладает повышенным сопротивлением как механическому, так и термическому растрескиванию по сравнению с более крупным коксом. Механическая прочность кокса, в свою очередь, зависит от пористой структуры, т.е. от размеров пор и межпорового пространства [2]. Пористостью называют степень заполнения общего объема материала порами. Пористость подразделяется на открытую, закрытую и общую пористости.

Как известно, более пористый кокс «лучше» горит, но при этом он менее прочный. Основная задача литейного кокса – нагрев шихтовых материалов и продуктов плавки, поэтому пористость играет важную роль в обеспечении теплом плавки и, поэтому необходимо проанализировать, каким образом, крупность литейного кокса влияет на его пористость. Для этого был проведен эксперимент, целью которого было установление кажущейся пористости литейного кокса различной крупности.

Эксперимент проводился в соответствии с ГОСТ 10220-82 [4].

Для исследований использовали образцы литейного кокса АО "Московский коксогазовый завод" (АО "Москокс"). Данные сертификата качества на партию кокса содержат следующие значения показателей качества: массовая доля общей влаги – 4,3 %; зольность – 10,5 %; массовая доля общей серы – 0,45 %; показатель прочности M_{40} – 73,2 %; массовая доля кусков размером менее нижнего предела, %, в том числе размером, менее 40 мм – 5,8.

Методика проведения эксперимента включает следующие этапы.

1. Пробу литейного кокса просушивают в сушильном шкафу 1 час при температуре (200 ± 5) °С для удаления содержащейся в нем влаги.

2. Высушенную пробу литейного кокса взвешивают на технических весах с погрешностью до 0,01 г. Также взвешивают металлическую емкость, сито, и металлическую емкость, заполненную водой. Результаты взвешивания образцов литейного кокса представлены в таблице 1.

3. Пробу литейного кокса помещают в сито и кипятят в металлической емкости в течение 1,5-2 часов до полного удаления воздуха из открытых пор образцов кокса, обеспечивая полное погружение образцов в воду.

4. Определяют объем воды, вытесненный пустым ситом. Определение объема воды, вытесненным пустым ситом проводят 5 раз и из полученных результатов вычисляют средний результат.

5. Аналогичным способом определяют объем воды, вытесненный ситом с образцами литейного кокса.

6. По формуле (1) вычисляют объем образцов литейного кокса, равный объему вытесненной воды

$$V = V_3 - V_2, \quad (1)$$

где V_2 – объем воды, вытесненный пустым ситом, см^3 ;

V_3 – объем воды, вытесненный ситом с навеской кокса, см^3 .

7. После измерения объема вытесненной воды сито с пробой кокса вынимают, дают стечь воде в течение 1 минуты и взвешивают.

8. По формуле (2) вычисляют кажущуюся пористость в процентах:

$$\Pi_k = \frac{m_{12} - m_{10}}{d_x V} \cdot 100, \quad (2)$$

где m_{10} – масса сухой пробы кокса, г;

m_{12} – масса кокса, пропитанного водой, г;

d_x – плотность воды.

Таблица 1. Масса образцов литейного кокса различных классов крупности
В граммах

№ п/п	Класс крупности, мм		
	80 и более	60-80	40-60
1	253,65	97,40	49,40
2	333,20	198,00	69,85
3	377,65	191,10	47,70
Среднее значение	321,5	162,2	55,65

В таблице 2 представлены расчеты в ходе проведения эксперимента и значения кажущейся пористости литейного кокса.

Проанализировав полученные данные, можно выявить следующую закономерность: чем больше крупность литейного кокса, тем больше его кажущаяся, открытая пористость.

Закрытую пористость находят по формуле (3). Общей пористостью (4) называется весь объем пор в данном объеме материала.

Таблица 2. Результаты кажущейся пористости литейного кокса

Класс крупности, мм	Масса высушенного кокса, г	$V_3, \text{см}^3$	$V, \text{см}^3$	Масса кокса после кипячения, г	$P_k, \%$
80 и более	253,65	175	168	312,90	35,33
	333,20	210	203	384,05	25,09
	377,65	220	213	423,80	21,71
60-80	97,40	192	185	115,85	9,99
	198,00	214	207	236,80	18,78
	191,10	148	141	207,50	11,65
40-60	49,40	184	177	55,00	3,17
	69,85	207	200	76,85	3,51
	47,70	186	179	58,45	6,02

$$P_3 = P_{\text{общ}} - P_k, \quad (3)$$

$$P_{\text{общ}} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \cdot 100, \%, \quad (4)$$

где ρ – истинная плотность материала;

ρ_0 – средняя плотность в сухом состоянии.

Истинная плотность кокса составляет 1,8-2 г/см³[5]. Значения средней плотности, общей и закрытой пористости образцов литейного кокса различного класса крупности представлены в таблице 3.

Таблица 3. Значения общей и закрытой пористости литейного кокса различных классов крупности

Класс крупности, мм	Средняя масса высушенного кокса, г	Средний объем пробы кокса, см ³	ρ_0 , г/см ³	П _{общ} , %	П _з , %
80 и более	321,5	194,7	1,6	20	< 5
60-80	162,2	177,6	0,9	55	41
40-60	55,6	185,3	0,3	85	81

Таким образом, проанализировав данные, можно сделать вывод о том, что с увеличением крупности литейного кокса увеличивается его открытая пористость, а закрытая и общая пористость уменьшаются с увеличением крупности и массы литейного кокса. Результаты исследования строения литейного кокса позволят прогнозировать его влияние на свойства чугуна, технологию плавки и, как следствие, обеспечить энергоэффективность плавки – расход кокса на 1 т чугуна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нефедов, П.Я.* Качество и эффективность использования литейного кокса в вагранках / П.Я. Нефедов, В.М. Страхов // Кокс и химия. 2003. № 7. С. 16- 26.
2. *Иванова, В.А.* Качество литейного кокса: монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2014. 144 с.
3. *Мучник, Д.А.* Возможности улучшения качества кокса вне печной камеры / Д.А. Мучник, В.И. Бабанин. М.: Инфра-Инженерия, 2014. 368 с.
4. ГОСТ 10220-82 Кокс. Методы определения действительной относительной и кажущейся относительной плотности и пористости. Введ. 1982-12-24. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1983.
5. *Гофман, М. В.* Прикладная химия твёрдого топлива. Москва: Metallurgizdat, 1963. 597 с.

**УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА
ЩЕЛОЧЕАКТИВИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ
КАК ПЕРСПЕКТИВА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ
В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Р.А Глазков¹, А.И. Коломыцева¹

Научный руководитель – **Н.И. Кожухова^{1,2}**, канд. техн. наук,
доцент

¹Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

²Московский политехнический университет

Проведен краткий анализ щелочеактивированных вяжущих систем, среди которых выделены наиболее уникальные свойства, такие как: коррозионная стойкость, жаростойкость, морозостойкость.

Ключевые слова: шлакощелочные вяжущие, жаростойкость, стойкость к холоду, коррозионная стойкость

**UNIQUE PROPERTIES OF ALKALINE ACTIVATED
MATERIALS AS A PERSPECTIVE OF APPLICATION
IN UP-TO-DATE CONSTRUCTION**

R.A. Glazkov¹, A.I. Kolomytceva¹

Scientific Supervisor – **N.I. Kozhukhova^{1,2}**,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

²Moscow Polytechnic University

A brief analysis of alkali-activated binder systems is carried out, among which the most unique properties are highlighted, such as: corrosion resistance, heat resistance, freeze-thaw resistance.

Keywords: slag-alkali binders, heat resistance, cold resistance, corrosion resistance

В последние годы, в связи с масштабным строительством, а также технологическим прогрессом, наблюдается постоянный рост спроса на вы-

сококачественные вяжущие материалы строительного назначения, в частности, на портландцемент.

Портландцемент уже много лет является ведущим лидером в промышленности. Он представляет собой гидравлическое вяжущее, полученное на основе неорганических сырьевых компонентов, и состоящее, преимущественно, из силикатов кальция.

Однако из-за различных недостатков портландцемента, таких как негативное влияние на окружающую среду, ограниченность ресурсов, высокая стоимость, в настоящее время существует необходимость и устойчивая тенденция в разработке и использовании энергоэффективных бесцементных видов вяжущих и материалов на их основе.

Еще в 1970–80-х годах XX столетия была выдвинута идея о том, что монополии портландцемента в конечном итоге придет конец, и этот год стал поворотным моментом, по мнению многих ученых, на пути развития вяжущих систем. Открытие советскими и зарубежными учеными щелочеактивированных систем: геополимера грунтобетона и шлакоцемента послужило основой для таких радикальных изменений [1–3]. Так, советские ученые, В. Д. Глуховский и др. внесли свой вклад в эту область своими исследованиями, став основателями совершенно нового направления в области вяжущих, получаемых преимущественно на основе промышленных отходов.

Щелочеактивированные вяжущие – это минеральные гидравлические вяжущие, полученные щелочной активацией природного и техногенного алюмосиликатного сырья, применение которых позволит снизить экологическую нагрузку на среду обитания человека, а именно утилизацию промышленных отходов и снижение энергозатрат на производство по сравнению с портландцементом.

В этой статье рассмотрены особые свойства щелочеактивированных материалов основе бесценного опыта, накопленного в ходе многочисленных исследований.

Шлакощелочные вяжущие производятся путем измельчения гранулированных шлаков – промышленных отходов, с последующим добавлением щелочного компонента со слабой гигроскопической способностью. Для производства таких вяжущих применяются расплавы силикатного и алюмосиликатного состава, полученные из побочных продуктов цветной металлургии, шлаки от производства желтого фосфора методом электротермической возгонки, а также доменные и сталеплавильные шлаки. Как щелочные компоненты могут быть применены побочные продукты от крупнотоннажных производств.

В качестве щелочных компонентов могут быть использованы крупнотоннажные отходы производства глинозема, капролактама, сульфида натрия и щелочные отходы металлургической промышленности.

Шлакощелочные бетоны на основе различных по природе щелочных компонентов, применяемых в виде водных растворов оптимальной плотности, являются высокопрочными. Их прочность при сжатии лимитируется прочностью заполнителя и достигает 160 МПа.

Так же установлено, что шлакощелочные цементы, благодаря своим уникальным свойствам, могут быть использованы для создания материалов, имеющих повышенную жаростойкость, а также коррозионную стойкость [3].

Исследования показали, что шлакоцементы способны сохранять прочностные показатели при отрицательных температурах. Более того, замораживание шлакощелочных цементов приводит к увеличению их прочности, что связано с более низкой температурой замерзания и повышенной активностью этих цементов. Это обстоятельство отличает шлакощелочные цементы от портландцементных аналогов, у которых прочность при переменном замораживании-оттаивании снижается [3].

Кроме того, шлакощелочные цементы могут обладать устойчивостью к воздействию высоких температур. Так, при температуре от 600 до 800 °С прочность снижается, но при 1000 °С этот показатель может восстановиться или даже повыситься в 1,5-2 раза по сравнению с исходным значением. Таким образом, на основе щелочеактивированных цементов можно получать материалы с повышенной термо- и жаростойкостью [3].

Шлакощелочные пропаренные бетоны при использовании едкого натра, соды из нефелинового сырья, метасиликата натрия представляет собой бетоны с высокими упругопластическими свойствами. Бетоны естественного твердения имеют повышенную деформативность. Пропаривание повышает упругие свойства шлакощелочных бетонов [4].

Экономическая эффективность производства шлакощелочного цемента по сравнению с портландцементом значительна: затраты на производственный процесс в 2,5-3,5 раза ниже. А если учесть использование щелоче-содержащих отходов, то разница будет еще больше.

Так же следует отметить, что щелочеактивированные системы характеризуются коррозионной стойкостью. В работе Урхановой Л.А. [5] было предложено композиционное перлитовое вяжущее, которое может использоваться для производства материалов и изделий с повышенной коррозионной стойкостью, таких как тротуарная плитка и плитка для пола в химической и пищевой промышленности. Для состава перлитового вяжущего в качестве щелочного активатора применялся безводный силикат натрия. Это позволяет исключить введение в вяжущую систему дорогостоящих жидких стекол и, следовательно, устранить эффект налипания и схватывания жидкого стекла при приготовлении бетонной смеси; а также обеспечить повышенную коррозионную стойкость и долговечность получаемого материала.

Кроме того, предлагаемая разработка позволяет сократить длительность режима тепловлажностной обработки и, как результат, снизить энергозатраты на производство конечного продукта.

Геополимеры также относят к щелочеактивированным материалам, которые также обладают перечнем уникальных характеристик, позволяющих их также использовать в качестве портландцементного аналога, среди которых: высокая прочность, низкая теплопроводность, инкапсуляция радиоактивных элементов [6, 7].

Таким образом, проведенный литературный обзор, посвященный опыту производства и применения щелочеактивированных материалов, показал, что этот класс материалов, применяемых для гражданского строительства является энергоэффективным с позиции ресурс- и энергосбережения, а также положительным образом затрагивает экологические аспекты. Это позволяет говорить о щелочеактивированных материалах как о перспективной альтернативе портландцементу для современного строительства.

Исследования выполнены в рамках реализации нацпроекта «Наука и университеты», научная тема «Создание лаборатории качества среды обитания человека и энергоэффективности городского хозяйства (FZRR-2022-0007)», рег. номер 1022072100016-6-2.1.3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глуховский, В.Д. Приоритетность фундаментальных исследований КИСИ в области щелочных цементах // Шлакощелочные цементы бетоны и конструкции: сб. трудов. Киев: КИСИ, 1989. С. 15.
2. Рахимов, Р.З. Геополимеры / Р.З. Рахимов, Н.Р. Рахимова, О.В. Стоянов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 23. С. 189-196.
3. Глуховский, В.Д. Специальные свойства шлакощелочных // Шлакощелочные цементы бетоны и конструкции сб. трудов.- Киев: КИСИ, 1989. С. 130-132.
4. Троценковский, А.П. Шлакощелочные цементы бетоны и конструкции / А.П. Троценковский, В.А. Пахомов, С.Ф. Крисанов. Киев: КИСИ, 1989. 126 с.
5. Урханова, Л.А. Смесь для коррозионностойкого бетона. Патент RU 2343130 С1 / Л.А. Урханова, Е.Д. Балханова. Опубликовано: 10.01.2009. Бюл. № 1.
6. Davidovitz, J. Geopolymer. Chemistry and applications. - Saint-Quentin: Institute Geopolymer, 2008. 592 pp.
7. Davidovits, J. Geopolymer chemistry and properties // Proceedings of the 1st International Conference on Geopolymer. 1988. Vol. 1. P. 25-48.

АНАЛИЗ ПРИЧИН БРАКА ЦЕНТРОВОЧНОГО ШТИФТА И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВХОДНОМУ КОНТРОЛЮ

**Е.П. Кондратьева, Е.А. Кошутина, А.А. Гордеев,
К.В. Шокин**

Научный руководитель — **Е.П. Кондратьева**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ брака детали «штифт центровочный», с применением микроструктурного анализа, оптико-эмиссионного спектрального анализа, измерения твердости на приборе Бринелля. Анализ установил наличие раскатной трещины.

Ключевые слова: микроструктурный анализ, оптико-эмиссионный спектральный анализа твердость, штифт центровочный

ANALYSIS OF THE REASONS FOR THE MARRIAGE OF THE CENTERING PIN AND THE DEVELOPMENT OF INPUT CONTROL MEASURES

E.P. Kondratyeva, E.A. Koshutina, A.A. Gordeev, K.V. Shokin

Scientific supervisor – **E.P. Kondratyeva**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the defective part of the "centering pin" was carried out using microstructural analysis, optical emission spectral analysis, hardness measurement on a Brinell device. The analysis punished the presence of a rolling crack.

Keywords: microstructural analysis, optical emission spectral analysis hardness, centering pin.

Производство продукции военного назначения имеет особое значение. При этом процесс изготовления достаточно изменчив и возникает вероятность возникновения брака деталей в процессе производства. По –

этому необходимы мероприятия по предотвращению появления брака. В работе проведен анализ центровочного штифта.

Внешним осмотром заготовки штифта установлено, что дефект имеет вид продольной несложности металла (трещина), распложенной на цилиндрической поверхности. Протяженность дефекта составляет ~ 140 мм (рис. 1).

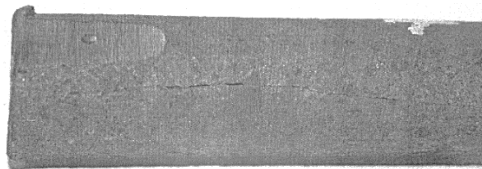


Рис. 1. Штифт центровочный из марки стали 40X

Проведен химический анализ образца детали на опико-эмиссионный спектрометр модели ARL3460. Химический состав образца детали соответствует ГОСТ 4543-2016 (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ химического состава штифта с требованием ГОСТ 4543-2016

Материал штифта	Содержание элементов, в %							
	C	P	S	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
	0,44	0,013	0,028	0,30	0,58	1,07	0,13	0,15
Требования ГОСТ 4543-2016 для стали марки 40X	0,36-0,44	≤0,035	≤0,035	0,17 - 0,37	0,50 - 0,80	0,80-1,10	≤0,30	≤0,30

Проведено измерение твёрдости материала штифта по Бринеллю по ГОСТ 9012-59. Твёрдость материала штифта составляет 311 НВ, что соответствует требованиям технологической документации 30-35 HRC (285-321 НВ).

Проведено металлографическое исследование, которое проводилось на продольных и поперечных микрошлифах, изготовленных в районе дефекта. Исследованием установлено, что дефект идёт под прямым углом к поверхности, имеет тупой конец. Поверхность дефекта окислена до слоя окалины, имеется обезуглероженный слой (белый на фото 3).

Металл вокруг дефектов насыщен высокотемпературными мелкодисперсными окислами, имеется межзёрненное окисление (рис 2). От черновой поверхности дефект идёт на глубину до 13,2 мм. По виду и характеру дефект является раскатной трещиной т.е. дефект поверхности, представляющий собой разрыв металла, образовавшийся при прокатке продольной или поперечной трещины литой заготовки и заполненный окалиной.

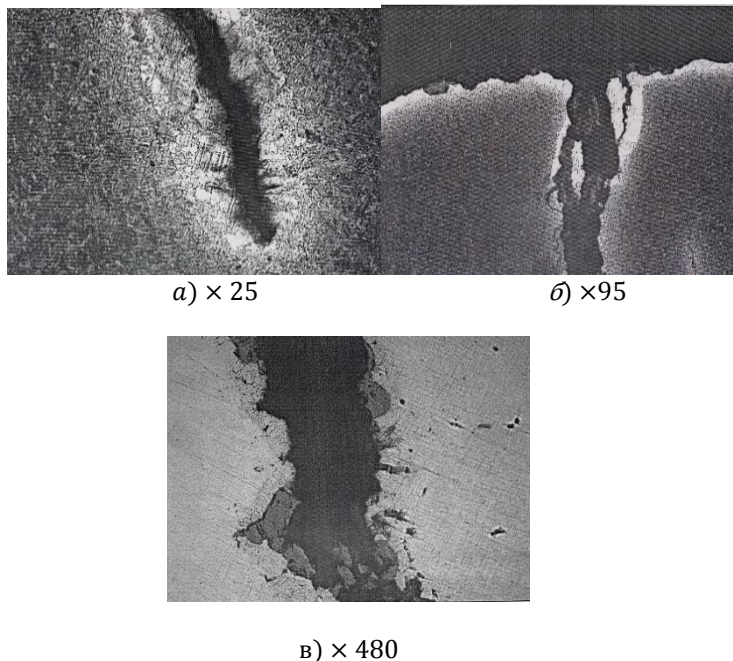


Рис. 2. Микроструктурное исследование образца «штифт центровочный»

В этой связи разработаны мероприятия по входному контролю, а именно:

- Визуальный контроль (осмотр на наличие: трещин, сколов)
- Контроль химического состава (в соответствии с ГОСТ 4543-2016)
- Контроль твёрдости (в соответствии с ГОСТ 4543-2016)
- Проверка технических характеристик в соответствии с ГОСТ 2590-2006 (линейные размеры и масса)

Выводы:

1. Дефект, обнаруженный на заготовке штифта, является раскатной трещиной – дефектом исходного материала проката Ø34.
2. Предложены мероприятия по входному контролю с целью снижения брака.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 54153-2010. Национальный стандарт Российской Федерации сталь. Метод атомно-эмиссионного спектрального анализа. М.: Стандартиформ, 2012. С. 32.
2. ГОСТ 4543-2016. Межгосударственный стандарт.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали Технические условия. М.: Стандартиформ, 2019. С. 53.
3. ГОСТ 9012-59 Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю. М.: Стандартиформ, 2007. С. 40.
4. ГОСТ 8233-56. Сталь. Эталоны микроструктуры. М: ИПК. Издательство стандартов, 2007. С. 12.
5. ГОСТ 1778-70. Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений. М.: Стандартиформ, 2011. С. 31.

ПРИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИЙ ШЕСТЕРЁН ПРИ ЦЕМЕНТАЦИИ И СПОСОБЫ ИХ УМЕНЬШЕНИЯ

С.А. Корельская, Т.Д. Стоянова

Научный руководитель – **Т. Д. Стоянова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются причины деформаций при изготовлении шестерён методом горячей штамповки после цементации, а также способы их устранения.

Ключевые слова: деформация, цементация, нормализация

CAUSES OF DEFORMATIONS OF GEARS DURING CEMENTATION AND WAYS OF THEIR REDUCTION

S.A. Korelskaya, T.D. Stoyanova

Scientific Supervisor – **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The causes of deformations in the manufacture of gears by hot stamping after cementation, as well as ways to eliminate them, are considered.

Keywords: deformation, cementation, normalization

На предприятии ПАО «Ярославский моторный завод» была выявлена деформация шестерни распределительного вала марки стали 15ХГН2ГА после проведения цементации.

Процесс её изготовления представляет следующую последовательность. Первым этапом производится горячая штамповка для получения заготовки.

Далее осуществляется нормализация – вид термической обработки, заключающийся в нагреве стали до температуры выше критической выдержки и охлаждения со скоростью ниже критической.

Её целью является выравнивание размеров зерна после операций литья и горячей штамповки, улучшение обрабатываемости резаньем.

Неотъемлемой частью процесса является цементация - химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении

поверхностного слоя стали углеродом при нагревании в соответствующей среде – карбюризаторе.

При данной обработке обычно используют низкоуглеродистые (0,1-0,18 % С) и легированные стали.

Целью цементации является обеспечение в поверхностном слое высокой твёрдости и износостойкости, повышение предела контактной выносливости и предела выносливости при изгибе и кручении.

Цементация производится при температуре 930-950 °С и скорость её при этом составляет 0,12-0,15 мм/ч при толщине слоя до 1500-1700 мкм.

Далее производится закалка – вид термической обработки, состоящий из основных операций – нагрева до определенной температуры, выдержки, быстрого охлаждения. Он применяется в сочетании с другой разновидностью термообработки – отпуском. Эта технология позволяет улучшить механические характеристики недорогих марок стали, цветных металлов и сплавов, за счет чего снижается себестоимость.

В процессе термической обработки вероятно возникновение деформации изделия.

На предприятии количество деформированных шестерен составляет 2 % от садки, загруженной в печь для цементации.

Причиной деформации шестерен являются термические и структурные напряжения.

Термические напряжения создаются градиентом температур при нагреве и охлаждении изделий.

Фазовые или структурные напряжения возникают при структурных превращениях, так как различные фазы имеют различный удельный объем. Наибольший удельный объем имеет мартенсит.

В конкретном случае деформация может возникнуть на следующих этапах:

- горячая штамповка и нормализация (в результате не завершившегося процесса рекристаллизации);
- источником деформации могут быть внутренние напряжения от обработки резанием

Основными мерами по уменьшению деформации являются:

1) Рациональный выбор стали, глубины насыщения и схемы процесса химико-термической обработки.

В частности, если позволяют условия эксплуатации шестерен, следует применять нитроцементацию, которая проводится при более низкой температуре (почти на 100 °С по сравнению с цементацией), при этом детали меньше коробятся.

Повышение содержания углерода и прокаливаемости стали, как правило, приводит к возрастанию деформации. В связи с этим весьма полез-

ны контроль прокаливаемости и применение сталей с более узкими пределами по содержанию углерода и легирующих элементов.

2) Качественная предварительная обработка заготовок шестерён.

3) Деформация шестерни составляет 2 % от садки, загруженной в печь. Из этого следует, что необходимо ограничение массы садки, правильное размещение деталей в приспособлениях, исключающее их деформацию под собственной массой и обеспечивающее однородность условий нагрева, насыщения и охлаждения всех деталей садки, сохранение постоянства положения деталей на протяжении всего цикла химико-термической обработки.

Так как контроль микроструктуры каждой шестерни из партии произвести невозможно, мы предлагаем проводить охлаждение шестерён в штампах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Башнин, Ю.А.* Технология термической обработки / Ю.А. Башнин, Б.К. Ушаков, А.Г. Секей.- Москва «металлургия», 1986. 286 с.
2. *Гуляев, А.П.* «Металловедение». Москва «Металлургия» 1986. 289 с.
3. *Сарагадзе, В.С.* Повышение надежности цементуемых деталей. Москва «Машиностроение», 1975. 216 с.
4. *Малинкина, Е.И.* Внутренние напряжения, трещины и деформация при термической обработке сталей. Профиздат, 1959. 44 с.

УДК: 669.018.58

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ САМАРИЯ НА КИНЕТИКУ
ПРЕВРАЩЕНИЙ И ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ СВОЙСТВА
ПОРОШКОВОГО МАГНИТОТВЕРДОГО СПЛАВА
НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ FE-CR-CO-MO**

М.А. Мариева¹, А.А. Шацов¹, В.А. Козвонин²

Научный руководитель – **А.А. Шацов**, д-р техн. наук, профессор

¹Пермский национальный политехнический университет

²Пермская научно-производственная приборостроительная компания

Рассматривается влияние редкоземельного сплава КС25ДЦ на кинетику превращений и магнитные свойства порошкового гистерезисного сплава на основе системы Fe-Cr-Co-Mo.

***Ключевые слова:** магнитотвердый сплав, порошковый сплав, магнитные свойства, Fe-Cr-Co-Mo*

**INFLUENCE OF ADDITIVE SAMARIA ON THE KINETICS
OF THE TRANSFORMED AND HYSTERESIS PROPERTIES
OF POWDER MAGNETIC ALLOY ON THE BASIC
FE-CR-CO-MO SYSTEMS.**

M.A. Marieva¹, A.A. Shatsov¹, V.A. Kozvonin²

Scientific Supervisor - **A.A. Shatsov**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

¹Perm National Polytechnic University

²Perm Research and Production Instrument-Making Company

The influence of the rare-earth alloy KS25DTs on the transformation kinetics and magnetic properties of a powder hysteresis alloy based on the Fe-Cr-Co-Mo system is considered.

***Keywords:** hard magnetic alloy, powder alloy, magnetic properties, Fe-Cr-Co-Mo*

Разработка принципиально новых материалов для полноценного и своевременного удовлетворения растущих потребностей машиностроения может быть ограничена рядом факторов: научный потенциал, методы исследования, средства производства, экономическая целесообразность разработки. В развитии некоторых групп магнитных материалов наметилась тенденция оптимизации требуемых свойств и совершенствование существующих систем магнитотвердых материалов (МТМ) за счет их легирования редкоземельными металлами. Зачастую задачи модификации состава не сводятся к достижению рекордных магнитных свойств и могут быть связаны с необходимостью улучшения отношения потребительских и технологических характеристик к стоимости. Магнитотвердые сплавы на основе системы Fe-Cr-Co (ХК) широко применяются в машиностроении, в том числе, в качестве материала для гистерезисных двигателей и мехатронных систем [1]. Среди достоинств сплавов ХК – высокая коррозионная стойкость и температура Кюри (680 К), прочность, пластичность при относительно низкой стоимости [2]. Однако, уровень некоторых магнитных свойств ХК, по сравнению со сплавами на основе систем Co-Sm и Fe-Nd-B более низкий, что ограничивает область их применения. Согласно исследованиям [3], добавка 2 % Sm в систему Fe-Cr-Co при выплавке слитков с последующей термической обработкой и пластической деформацией приводит к росту $VH_{(max)}$ на 86 %, B_r на 47 % и H_c на 28,7 %. Однако, эффект от такой модификации в порошковых ХК может иметь существенные отличия, так как диффузионное взаимодействие механолегированной шихты ограничено, а остаточная пористость может оказывать влияние на уровень и соотношение магнитных свойств. Таким образом, цель работы – определить влияние добавки самария на фазовые превращения и магнитные свойства гистерезисного порошкового сплава на основе системы Fe-Cr-Co.

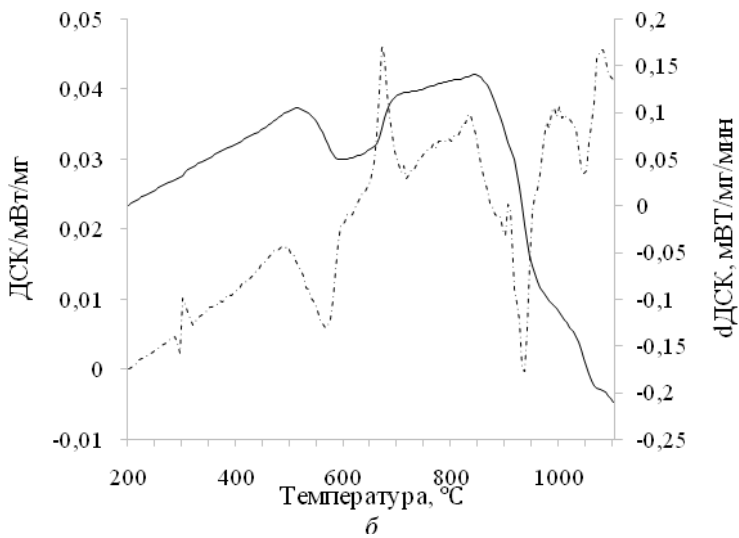
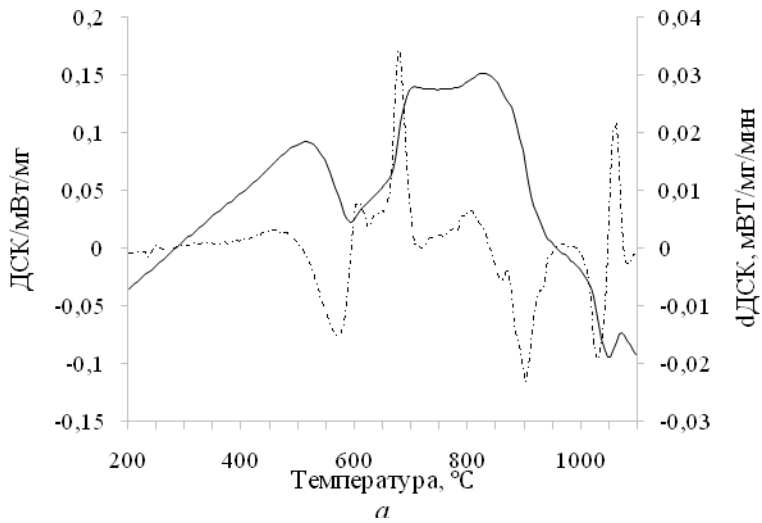
Эффект от влияния добавки самария изучали на порошковом магнитотвердом сплаве 22Х15К4МС (табл. 1). Порошки железа, хрома, кобальта, молибдена, феррокремния и сплава КС25ДЦ с размерами частиц до 63 мкм усредняли, в течение 16 часов. Заготовки получали холодным прессованием при давлении 600 МПа и последующим спеканием с исчезающей жидкой фазой в вакууме с остаточным давлением не выше 10^{-2} мбар. при 1350 °С в течение 2 часов. Термическая обработка заготовок образцов включала закалку в 15%-ном водном растворе NaCl от 1250 °С и ступенчатое старение с приложением внешнего магнитного поля в интервале от 665 до 525 °С с шагом 20-30 , выдержкой 20-40 минут на каждой ступени и охлаждением на воздухе. Плотность всех образцов после спекания была не менее 7,8 г/см³.

Таблица 1. Химический состав опытных сплавов

Наименование сплава	Содержание элемента, %					
	Fe	Cr	Co	Mo	Si	Sm
22X15K4MC	Основа	22	15	4	1	-
22X15K4MC+3%KC25ДЦ						3

Изменение кинетики фазовых превращений изучали с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК, рис. 1)

Тепловые эффекты при нагреве закаленных образцов исходного состава и с добавкой 3 % KC25ДЦ имеют близкую динамику (см. рис. 1 *a, б*): превращения в обоих сплавах протекают в интервале 500-1100 °С. При температуре 500 °С в сплавах начинается спинодальный распад α -фазы на сильномагнитную и слабомагнитную фазы, характеризующийся поглощением тепла. Добавка KC25ДЦ не оказала существенного влияния на положение первого локального экстремума в области 520 °С. При 670-680 °С начинается процесс выделения σ фазы из твердого раствора. Соответствующий локальный экстремум у обоих сплавов в области 700 °С. Температура третьего локального экстремума для сплава без добавки составляет 830 °С для сплава с добавкой 848 °С. Для сплава 22X15K4MC с добавкой KC25ДЦ (см. рис. 1, *б*) при температуре 300 °С наблюдается перегиб кривой, который отсутствует на сплаве без добавки. Такой же пик имеется на ДСК кривой сплава KC25ДЦ (см. рис. 1, *в*) при температуре 275 °С. Согласно исследованию [4] эвтектоидный распад SmCo_5 на фазы Sm_2Co_7 и $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ происходит при температурах ниже 750 °С, что подтверждается кривой ДСК сплава KC25ДЦ (см. рис. 1, *в*). Таким образом, добавки самария не оказали существенного влияния на температуры распада α -твердого раствора на основе Fe-Cr-Co.



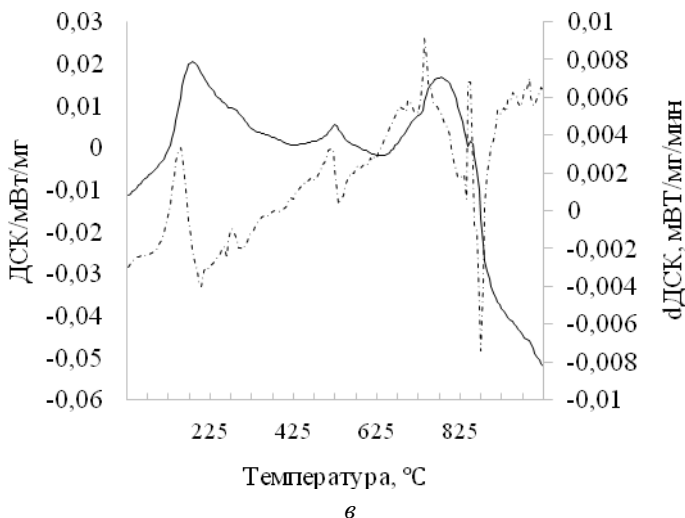


Рис. 1. Кривые ДСК (сплошная) и dДСК (штрих-пунктирная) сплавов 22X15K4MC (а), 22X15K4MC+ 3%KC25ДЦ (б), KC25ДЦ (в) при нагреве со скоростью 10 град/ мин

Многоступенчатое старение сплава с применением внешнего магнитного поля приводит к спиноидальному распаду α -твердого раствора на α_1 -фазу, обогащенную железом и кобальтом, и α_2 -фазу, обогащенную хромом. Благодаря чередованию сильномагнитной фазы α_1 в слабомагнитной матрице α_2 и наличию включений фазы с самарием, усиливающих магнитную анизотропию сплава, достигается повышение магнитных характеристик H_c , V_r , $VH_{(max)}$, по сравнению с исходным сплавом (рис. 2).

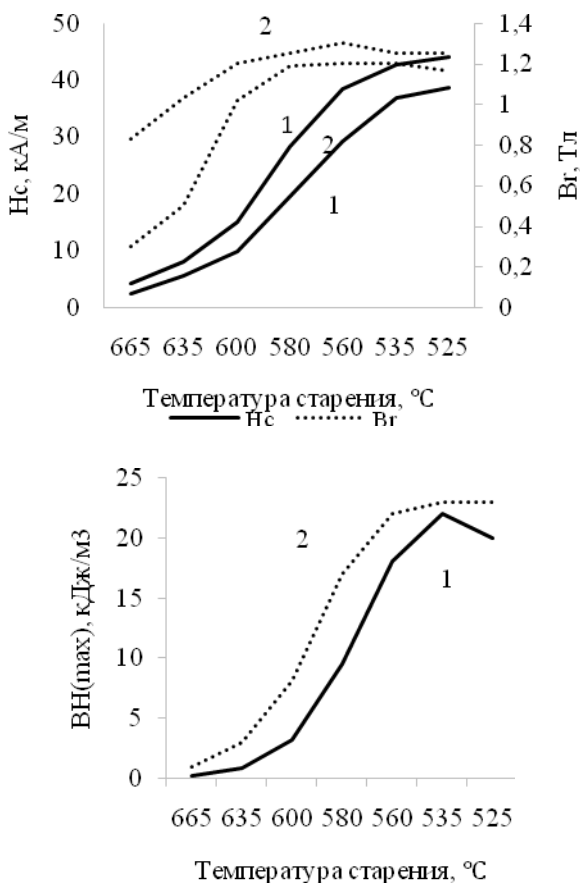


Рис. 2. Зависимость коэрцитивной силы H_c , магнитной индукции B_t (а) и максимальной магнитной энергии $(BH)_{max}$ (б) от температуры старения сплавов 22X15K4MC (1) и 22X15K4MC+3% KC25DC (2).

Выводы:

1. Добавка 3 % KC25DC не оказывает существенного влияния на кинетику превращений сплава 22X15K4MC.
2. Легирование порошкового сплава 22X15K4MC добавкой 3 % KC25DC, в зависимости от температуры старения, способствует повышению коэрцитивной силы на 12-40 %, магнитной индукции на 4-64%, максимальной магнитной энергии на 15-85 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kubota, T.* Hysteresis motor using magnetically anisotropic Fe-Cr-Co magnet / Т. Kubota, G. Wakui, M. Itagaki // IEEE Transactions on Magnetics. 1998. Т. 34. №. 6. - С. 3888-3896.
2. *Устюхин, А.С.* Магнитные гистерезисные свойства Fe-26Cr-16Co порошковых магнитотвердых сплавов / А.С. Устюхин, М.И. Алымов, И.М. Миляев // Письма о материалах. 2014. № 1. С. 59-61.
3. *Shan Tao, et. al.* Effects of Sm on structural, textural and magnetic properties of Fe-28Cr-20Co-3Mo-V-2Ti hard magnetic alloy // Journal of Alloys and Compounds, October 2019.
4. *Менушенков, В.П.* Структурные превращения и коэрцитивная сила в сплавах для постоянных магнитов. Часть 2. Спеченные сплавы на основе Sm-Co и Nd-Fe-B // ГИАБ. 2007. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strukturnye-prevrascheniya-i-koertsitivnaya-sila-v-splavah-dlya-postoyannyh-magnitov-chast-2-spechennye-splavy-na-osnove-sm-co-i-nd-fe-b> (дата обращения: 2.03.2023).

**УСЛОВИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СУСПЕНЗИИ
ЭРИТРОЦИТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТА НА ГЕМОЛИЗ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ГЕМОСОВМЕСТИМОСТЬ**

**А.Д. Отрокова¹, Н.С. Лешукова², Е.С. Мельникова¹,
А.В. Комин¹**

Научный руководитель – **А.В. Комин**, канд. хим. наук

¹Ярославский государственный технический университет
²АО Татхимпрепараты

В работе проведен анализ методической и научной литературы относительно способов приготовления суспензии эритроцитов для исследования гемолитической активности полимерных материалов. Экспериментально установлены условия центрифугирования крови с целью получения эритроцитарной массы, обеспечивающих хорошее разделение эритроцитов и плазмы при минимальных временных затратах.

***Ключевые слова:** гемосовместимые материалы, гемолиз, суспензия эритроцитов*

**CONDITIONS FOR THE PREPARATION OF A SUSPENSION
OF ERYTHROCYTES FOR A HEMOLYSIS TEST
IN THE STUDY OF POLYMER MATERIALS
FOR HEMOCOMPATIBILITY**

A.D. Otrokova¹, N.S. Leshukova², E.S. Melnikova¹, A.V. Komin¹

Scientific Supervisor – **A.V. Komin**, Candidate of Chemical Sciences

¹Yaroslavl State Technical University

²JSC Tathimpreparaty

The paper analyzes the methodological and scientific literature on the methods of preparing a suspension of erythrocytes for the study of hemolytic activity of polymer materials. The conditions of blood centrifugation have been experimentally established

in order to obtain an erythrocyte mass that ensures good separation of erythrocytes and plasma with minimal time.

Keywords: *hemocompatible materials, hemolysis, erythrocyte suspension*

Современную медицину невозможно представить без полимерных материалов. Полимерные материалы используют во всех медицинских отраслях. Из них изготавливают медицинское оборудование, изделия для протезирования, шовные материалы, входят в состав лекарственных средств и т.д. [1]. Возможность применения полимеров, полимерных материалов или изделий из них в медицине определяется не только комплексом физических, химических и механических свойств, но и рядом специальных требований, к числу которых можно отнести высокую чистоту и однородность материала, отсутствие раздражающего, токсического, канцерогенного воздействия, способность выдерживать стерилизующую обработку и другие. В зависимости от предполагаемой области применения полимерного материала или изделия набор характеристик, подлежащий оценке различен. Характеристики и методы их оценки приведены в [2]. Одной из разновидностей полимерных материалов и изделий из них медицинского назначения являются материалы и изделия, контактирующие с кровью. К таким материалам можно отнести, например, полимерные материалы для лечения ран, гидрогели для контролируемой доставки лекарств, материалы для катетеров, протезы кровеносных сосудов, антизапотевающие и антимикробные покрытия для линз эндоскопов. Одно из требований, предъявляемых к материалам, контактирующим с кровью, является гемосовместимость. В процессе оценки гемосовместимости материала проводят тест на гемолиз [2-4]. Гемолиз – это процесс разрушения эритроцитов с выбросом гемоглобина в плазму крови. Гемолиз в организме человека может являться следствием взаимодействия эритроцитов с чужеродным материалом или веществом, в результате которого происходит разрыв мембран эритроцитов. Повышенные уровни свободного гемоглобина могут спровоцировать токсические эффекты. Концентрация свободного гемоглобина является информативным параметром, характеризующим степень повреждения эритроцитов. Величина гемолиза зависит, в том числе, от времени контакта вещества, материала с кровью и от свойств самого вещества, материала, таких как энергия, морфология и химический состав поверхности. Отсутствие гемолитических свойств у исследуемого образца является предпосылкой к дальнейшему испытанию материала. Одним из вариантов изучения гемолитического действия материала является проведение исследования *ин vitro*, предполагающее количественную оценку гемолиза под действием образца материала [4] или вытяжки из него [3,4]. Действующий в настоящее время ГОСТ [2] не содержит методики проведения ис-

следования. Его составитель предлагает исследователю самому определиться с выбором методики и отправляет, например, [4] – как одному из возможных вариантов. Для исследования используют цельную кровь, например, [4] или готовят суспензию эритроцитов [3]. Приготовление суспензии эритроцитов предполагает первоначальное выделение их из цельной крови с последующей промывкой и ресуспендированием. Выделение эритроцитов из цельной крови заключается в центрифугировании цельной крови, отделение эритроцитов от супернатанта, промывание их и ресуспендирование. Условия центрифугирования крови, промывки эритроцитов, выбор водного раствора для ресуспендирования может оказывать влияние на характеристики получаемой суспензии и, как следствие, на результаты анализа. В научной литературе при оценке гемолитических свойств полимерных материалов авторы зачастую не придерживаются какой-либо единой методики выделения эритроцитов из цельной крови и их ресуспендирования. Не соблюдение единой методики эксперимента ставит под сомнение возможность сравнения гемолитических характеристик полимерных материалов, поиска взаимосвязей гемолитической активности материала с другими его характеристиками.

В связи с этим целью настоящей работы являлось выявление оптимальных условий приготовления суспензии эритроцитов для проведения теста на гемолиз при исследовании полимерных материалов на гемосовместимость.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- анализ научной и методической литературы по вопросу методики
- оценки гемолитического действия полимерных материалов *in vitro*, в части приготовления суспензии эритроцитов;

определение условий центрифугирования крови с целью получения эритроцитарной массы, обеспечивающих хорошее разделение эритроцитов и плазмы при минимальных временных затратах.

В работе проведен анализ научных статей, размещенных в изданиях, входящих в международные базы цитирования, преимущественно за последние 5 лет и методической литературы. В результате анализа выявлено, что для получения эритроцитарной массы центрифугирование цельной крови проводят в достаточно широком интервале скоростей вращения (500-10000 об/мин) и времени центрифугирования (5–20 минут). Ресуспендирование осуществляют с использованием физиологического раствора или буферных растворов со значением pH, равным pH крови. Для исследования условий центрифугирования крови с целью получения эритроцитарной массы, обеспечивающих хорошее разделение эритроцитов и плазмы при минимальных временных затратах, использовали образцы свежей крови здоровых доноров, не принимающие лекарственных, наркотических средств, воздерживающихся от курения и упот-

ребления алкоголя. Забор крови осуществлялся в соответствии с [5]. В качестве антикоагулянта использовали раствор цитрата натрия в соотношении раствор цитрата натрия : кровь 9:1. Экспериментально установлены условия центрифугирования крови с целью получения эритроцитарной массы, обеспечивающих хорошее разделение эритроцитов и плазмы при минимальных временных затратах. Полученные результаты могут послужить основой для выбора оптимальных условий получения суспензии эритроцитов для оценки гемолитического действия полимерными материалами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Puoci, F. (ed.). Advanced Polymers in Medicine. Springer International Publishing Switzerland. 2015. 537 p. DOI:10.1007/978-3-319-12478-0*
2. ГОСТ ISO/TR 10993. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий.
3. Методика определения гемолитического действия полимерных материалов и изделий "ин витро" (утв. Минздравом СССР 27.11.1985)
4. ASMT. F756. Standard Practice for Assessment of Hemolytic Properties of Materials
5. ГОСТ Р 59778-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Процедуры взятия проб венозной и капиллярной крови для лабораторных исследований.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ГИЛЬЗЫ ЦИЛИНДРА С ПОМОЩЬЮ РАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ

Д.И. Рошин, Т.В. Суханова, Е.Н. Фуртова

Научный руководитель – **Е.Н. Фуртова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается процесс металлографического исследования структуры материала гильзы цилиндра. Гильза цилиндра изготовлена из чугуна и имеет заданные требования к материалу. В результате работы требуется провести оценку структуры материала и сделать заключение о его годности.

Ключевые слова: микроструктура, чугун, металлографический анализ, гильза цилиндра

INVESTIGATION OF CYLINDER LINER QUALITY INDICATORS USING DESTRUCTIVE CONTROL METHODS

D.I. Roshchin, T.V. Suhanova, E.N. Furtova

Scientific Supervisor – **E.N. Furtova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the process of metallographic study of the structure of the material of the cylinder liner. The cylinder liner is made of cast iron and has specified material requirements. As a result of the work, it is required to evaluate the structure of the material and make a conclusion about its suitability.

Keywords: microstructure, cast iron, metallographic analysis, cylinder liner

Выпускаемые машиностроительные изделия должны соответствовать определенным показателям качества, под которыми понимают количественную характеристику одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемых применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления [1]. Для контроля характеристик применяют разрушающие и неразрушающие методы. Согласно ГОСТ 16504-81 метод разрушающего контроля – метод

контроля, при котором может быть нарушена пригодность объекта к применению [2], но в результате проведения разрушающего контроля мы можем получить количественную оценку изучаемого показателя, в отличие от неразрушающих методов.

При производстве деталей машин обязательным является контроль химического состава материала, внутреннего строения и заданных свойств.

Объект исследования в данной работе – металлографический анализ.

Предмет исследования – проведение металлографического анализа детали гильзы цилиндра. Гильза цилиндра – это деталь двигателя, которая испытывает очень большие нагрузки и склонна к быстрому изнашиванию и разрушению. При изготовлении гильзы цилиндра у нее должны контролироваться определенные параметры. Детали подвергаются разрушающему и неразрушающему контролю. Внутреннее строение материала, из которого изготовлена гильза цилиндра мы можем проконтролировать проведя металлографическое исследование.

Цель работы - провести металлографическое исследование структуры материала гильзы цилиндра, изготовленной из чугуна.

Задачи, поставленные в работе:

1. Освоить методику подготовки образцов и их изготовление
2. Исследовать микроструктуру материала гильзы цилиндра, провести анализ и сделать заключение о материале.

Структуру чугуна определяют по графиту и металлической основе. При определении графита оценке подлежат: форма, распределение, размеры, количество включений графита. При определении металлической основы оценке подлежат: вид структуры, форма перлита, содержание перлита (или феррита), дисперсность перлита, строение, распределение, размеры ячеек сетки и площадь включений фосфидной эвтектики, количество и размеры включений цементита (или цементита ледебурита) [3].

Процесс приготовления шлифов включает: вырезку образцов; шлифование поверхности, предназначенной для исследования; полирование; травление.

Из гильзы цилиндра были вырезаны образцы, подготовлены шлифы для изучения под микроскопом. Микроанализ проводили на металлографическом микроскопе с увеличением в 100 крат, и с применением квадратно-сетчатого окуляра (16x16). На рис. 1 представлена микроструктура чугуна, до травления и после травления.

Исследуемый образец имеет пластинчатый графит. Форма включений графита в структуре чугуна оценивается по шкале 1А. В зависимости от размера (длины или диаметра) включений графита структура чугуна оценивается по табл. 2 и шкале 1Б. Определение размеров включе-

ний графита проводится по средней длине или диаметру трех наибольших включений на микрошлифе, измеренных не менее чем в трех полях зрения. Если в структуре чугуна имеется графит различной формы, размеры его включений определяются для каждой формы. В зависимости от распределения включений графита структура чугуна с шаровидным графитом оценивается по шкале 1В. При наличии в структуре чугуна включений графита различных видов распределения, занимающих площадь до 1 % общей площади шлифа, их следует оценивать, как «следы».

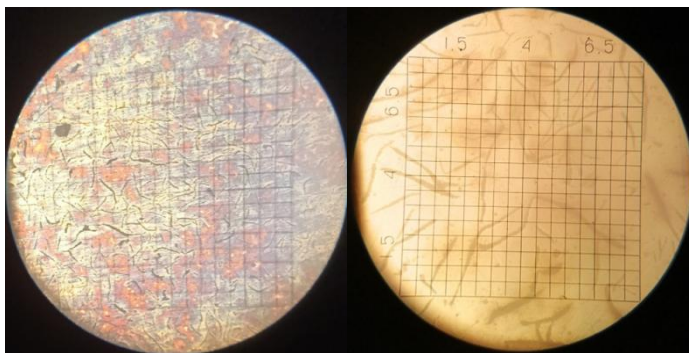


Рис. 1. Микроструктура чугуна до травления и после травления (x100)

Количество включений графита в структуре чугуна с шаровидным графитом оценивается по таблице 3 и шкале 1Г. Количество включений графита оценивается средним процентом площади, занятой на микрошлифе и определяется не менее чем в 3 полях зрения. Результаты оценки графита в структуре образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика графитных включений в соответствии с ГОСТ 3443-87

Параметры	Требования к структуре материала	Характеристика материала
Форма графита	ПГф2, пластинчатая завихренная	ПГф1, пластинчатая прямолнейная.
Размер включений графита	ПГд45	ПГд45.
Распределение включений графита	ПГр7, розеточное	ПГр7, розеточное
Количество включений графита, %	ПГ4.	ПГ4.

Таким образом, было проведено металлографическое исследование материала гильзы цилиндра. Материал относится к серым чугунам. Требования к структуре материала почти полностью совпадают с полученными результатами, отличие только по форме графита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. М.: Стандартиформ, 2009. 21 с.
2. ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. М.: Стандартиформ, 2011. 23 с.
3. ГОСТ 3443-87 Отливки из чугуна с различной формой графита методы определения структуры. М.: Стандартиформ, 2005. 42 с.

КОНТРОЛИРУЕМАЯ ПРОКАТКА И ТЕРМООБРАБОТКА БЕСШОВНЫХ ТРУБ ИЗ МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Н.В. Симатов, А.С. Герасимов, Я.С. Ерохин, Н.Г. Макаренко

Научный руководитель – **Н.Г. Макаренко**, канд. техн. наук

Военный инновационный технополис «ЭРА»

Описан метод контролируемой прокатки и термообработки бесшовных труб из низколегированных малоуглеродистых сталей, который поможет решить проблему долговечности при эксплуатации.

***Ключевые слова:** прокатка, термообработка, легирование, элемент*

CONTROLLED ROLLING AND HEAT TREATMENT OF SEAMLESS PIPES MADE OF LOW-CARBON LOW-ALLOY STEELS

N.V. Simatov, A.S. Gerasimov, Y.S. Erochin, N.G. Makarenko

Scientific Supervisor – **N.G. Makarenko**, Candidate of Technical Sciences

Military Innovative Technopolis «ERA»

A method of controlled rolling and heat treatment of seamless pipes made of low-alloy low-carbon steels is described, which will help solve the problem of durability during operation.

***Keywords:** rolling, heat treatment, alloying, elements*

Общая характеристика малоуглеродистых низколегированных сталей

1.1 Характеристика элементов содержащихся в химическом составе бесшовных труб и их свойства, обеспечивающие необходимые механические характеристики.

Марганец (1,4–2,0 %) и кремний (0,15–0,45 %) обеспечивают твёрдостворное упрочнение. Дополнительно может осуществляться леги-

рование хромом, никелем, медью или молибденом в пределах до 0,30%, также направленное на повышение прочностных характеристик.

Титан сдерживает рост зерен при нагреве слэбов за счет выделения TiN.

Ниобий замедляет протекание динамической и статической рекристаллизации при чистовой прокатке и способствует формированию деформированных зерен аустенита. Кроме того, выделяющиеся из аустенита карбонитриды ниобия приводят к дисперсионному твердению.

Ванадий обеспечивает дисперсионное упрочнение за счет выделения карбонитридов ванадия из феррита.

Молибден тормозит перлитное превращение в стали при охлаждении и способствует формированию бейнитной составляющей микроструктуры, а также препятствует укрупнению карбонитридов ниобия и ванадия.

1.2 Схема контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением

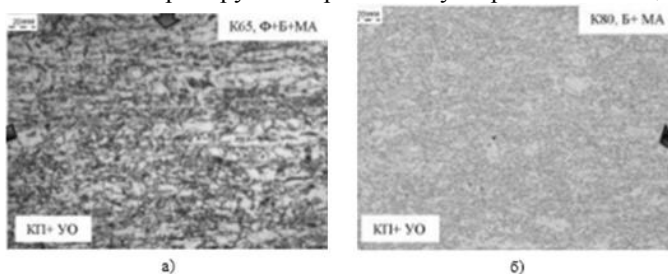


Рис. 1. Структура сталей после контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением

Перед началом прокатки слиток нагревают до высоких температур (порядка 1150-1250 °С). Для ограничения роста аустенитного зерна в стали вводят добавки титана, образующего нерастворимые при указанных температурах нитриды TiN. Тем не менее, аустенитное зерно вырастает до размеров порядка 200 мкм.

Черновая прокатка осуществляется в области высоких температур (~1100 °С), при которых в междеформационных паузах проходит статическая рекристаллизация деформированного аустенита. В результате многократных циклов рекристаллизации исходное зерно аустенита после черновой прокатки измельчается до размеров порядка 20-50 мкм.

Чистовую прокатку проводят в интервале температур, где рекристаллизация аустенита в междеформационных паузах не успевает пройти (ниже температуры T_{ng} , остановки рекристаллизации).

Перед началом прокатки слитков нагревают до высоких температур (порядка 1150-1250 °С). Для ограничения роста аустенитного зерна в стали вводят добавки титана, образующего нерастворимые при указанных температурах нитриды TiN. Тем не менее, аустенитное зерно вырастает до размеров порядка 200 мкм.

Черновая прокатка осуществляется в области высоких температур (~1100°С), при которых в междеформационных паузах проходит статическая рекристаллизация деформированного аустенита. В результате многократных циклов рекристаллизации исходное зерно аустенита после черновой прокатки измельчается до размеров порядка 20-50 мкм.

Чистовую прокатку проводят в интервале температур, где рекристаллизация аустенита в междеформационных паузах не успевает пройти (ниже температуры T_{ng} , остановки рекристаллизации).

Температуру T_{ng} повышают микродобавками ниобия (рис. 2):

- атомы ниобия, оставаясь в твердом растворе, резко уменьшают подвижность границ зерен и тормозят кинетику рекристаллизации;
- деформация инициирует выделение частиц Nb (C, N), которые дополнительно блокируют границы аустенитного зерна.

В результате, к концу чистовой прокатки формируется структура, состоящая из деформированных сплюснутых зерен аустенита с высокой плотностью дислокаций и развитой субзеренной структурой.

При последующем охлаждении ниже A_{r3} высокая площадь границ зерен в деформированной аустенитной структуре способствует зародышеобразованию феррита на границах и внутри зерен (на границах субзерен) и формированию мелкого (до 5 мкм) ферритного зерна.

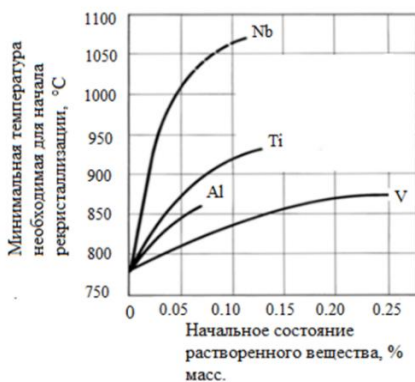


Рис. 2. Влияние легирующих элементов на температуру остановки рекристаллизации

С ростом скорости охлаждения происходит дальнейшее диспергирование конечной структуры за счет понижения температуры $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения и перехода от феррито-перлитной к феррито-бейнитной, а затем, к бейнитной структуре.

Заключение

1. Температура начала интенсивного роста зерен аустенита в стали 09Г2С составляет 1100 °С. Эта температура совпадает с температурой растворения нитрида AlN. Можно полагать, что частицами, сдерживающими рост зерен аустенита ниже 1100 °С, являются выделения нитрида алюминия.

2. Целесообразно понизить температуру выделения нитрида титана, так чтобы она оказалась ниже температуры кристаллизации. Для этого рекомендуется:

- повысить скорость кристаллизации слитка непрерывно-литой заготовки;
- снизить содержание титана в стали 09Г2С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Recent Trends in Producing Ultrafine Grained Steels. Halfa // Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering. 2014. (2). P. 421-435
2. Phase transformations contributing to the properties of modern steels.
3. Enhanced structural refinement by combining phase transformation and plastic deformation in steels // Tsuji, Maki, Scripta Materialia. 2009. (54).

КОМПЬЮТЕРНЫЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ МИКРОСТРУКТУР ЧУГУНА

А.В. Смирнов, Д.И. Рощин, Е.Н. Фуртова

Научный руководитель - **Е.Н. Фуртова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается возможность применения компьютерного количественного анализа микроструктур металлов. Исследована микроструктура гильзы цилиндра, изготовленной из серого чугуна.

Ключевые слова: микроструктура, чугун, металлографический анализ, количественный анализ, компьютерные методы

COMPUTER QUANTITATIVE ANALYSIS OF CAST IRON MICROSTRUCTURE IMAGES

A.V. Smirnov, D.I. Roshchin, E.N. Furtova

Scientific Supervisor – **E.N. Furtova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article considers the possibility of using computer quantitative analysis of metal microstructures. The microstructure of a cylinder liner made of gray cast iron has been studied.

Keywords: microstructure, cast iron, metallographic analysis, quantitative analysis, computer methods

Совершенствование литейных технологий обусловлено потребностями промышленности и является одним из важнейших направлений развития. В связи с этим вопрос актуальности методов анализа литейной продукции не вызывает сомнений. При этом значение имеют не только методы контроля химического состава и свойств. Основным фактором является структура материала, поскольку именно она, в конечном итоге, определяет комплекс физико-механических и эксплуатационных свойств. Главное место при этом отводится металлографии [1].

Сегодня проведение металлографии предполагает использование современного оборудования, компьютерной техники, программного обеспечения и комплекс методов анализа структур материалов.

Металлографический анализ включает следующие этапы: пробоотбор, пробоподготовка, собственно металлографический анализ, анализ получаемого изображения [2].

Основным требованием к качеству металлографического шлифа является минимальная рельефность его поверхности. Чем рельефнее поверхность шлифа, тем дисперснее структура, тем ниже точность определения параметров структуры [3].

Развитие компьютерных методов дает возможность измерить непосредственно геометрические параметры каждой структурной единицы, обработать результаты и получить ряд определенных зависимостей - распределений определенной величины (размера зерна, диаметра и др.) по размерам (частотная кривая). В отличие от методов ГОСТ компьютерные программы количественного анализа изображений идут от частного к общему - измеряют количественные характеристики каждого из выбранных объектов, а потом уже определяют, в том числе усредненные параметры структуры [1].

Объектом исследования в данной работе является анализ микроструктур металлов с помощью компьютерной металлографии.

Предмет - гильза цилиндра. Она подвергается высоким температурам, колоссальному давлению со стороны сгорающей смеси топлива и газов и воздействию изнашивающих сил трения, а также препятствует интенсивным коррозионным воздействиям. Один из показателей качества – соответствие заданного химического состава и внутреннего строения.

Цель работы - исследовать микроструктуру гильзы цилиндра, изготовленной из серого чугуна с помощью компьютерного количественного анализа.

Из гильзы цилиндра были вырезаны образцы, подготовлены шлифы для изучения под микроскопом. Микроанализ проводили на металлографическом микроскопе с увеличением в 100 крат, и с применением квадратно-сетчатого окуляра (16x16).

Определение количества графитных включений и подсчеты элементов микроструктуры на шлифе можно проводить визуально, наблюдая структуру в окуляр или изучая объект с помощью программы обработки изображений. Для определения площади графитных включений, нами были использованы средства Adobe Photoshop 2021.

Анализируемый объект «состоит» из пикселей изображения. Метрическая часть программы откалибрована, то каждый пиксел имеет площадь. Количественно эта площадь определяется увеличением при съемке и разрешением камеры (или фотоаппарата). Таким образом, определение

площади в программе обработки изображений – это суммирование площадей всех пикселей, составляющих объект [4].

На рис. 1 представлено изображение микроструктуры чугуна в программе Adobe Photoshop 2021.

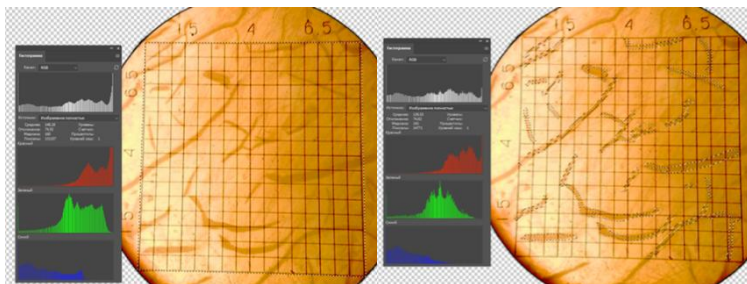


Рис. 1. Изображение микроструктуры чугуна

Путём обработки изображения и выделения площади графитных включений, было определено среднее значение площади включений по трём образцам по формуле (1), которая составила 9,15 % .

$$S_{гр} = \frac{N}{n} \cdot 100, \quad (1)$$

где $S_{гр}$ – доля площади графитных включений, %

N – общее число пикселей внутри сетки;

n – число пикселей внутри сетки для графита.

По ГОСТ 3443-87 по шкале 1Г можно сделать заключение о количестве графита [5]. Количество графита – ПГ9.

Таким образом, применение современного оборудования и программных средств позволяют проводить исследования большего количества металлографических объектов и увеличивают результативность работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анисович, А.Г.* Современная металлография - основа литейного материаловедения / А. Г. Анисович // *Литье и металлургия*. 2019. № 2. С. 99-108.
2. Исследовательский центр Модификатор. URL: http://www.modificator.ru/terms/metallography_analysis.html (дата обращения 13.03.2023)
3. *Домбровский, Ю.М.* Стереология: учеб. пособие. Ростов-на Дону: Издательский центр ДГТУ, 2002. 102 с.
4. *Анисович А.Г.* Определение балла зерна стали компьютерными методами / Г. Анисович, И.Н. Румянцева, Л.В. Бислюк // *Литье и металлургия*. 2010. № 3. С. 100–104.
5. ГОСТ 3443-87 Отливки из чугуна с различной формой графита методы определения структуры. М.: Стандартиформ, 2005. 42 с.

АНАЛИЗ ПРИЧИН БРАКА ПРИ АЗОТИРОВАНИИ ШЕСТЕРНИ ПОДАЧИ МАСЛА

С.А. Смирнова, Т.Д. Стоянова

Научный руководитель – **Т.Д. Стоянова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются причины возникновения брака при изготовлении шестерён методом закалки с последующим высоким отпуском после процесса азотирования.

Ключевые слова: закалка, высокий отпуск, азотирование

ANALYSIS OF THE CAUSES OF THE DEFECT WHILE NITROTING GEAR

E.A. Smirnova. T.D. Stoyanova

Scientific Supervisor – **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The reasons for the occurrence of defects in the manufacture of gears by quenching with subsequent high tempering after the nitriding process are considered.

Keywords: quenching, high tempering, nitriding

На предприятии ПАО «Ярославский моторный завод» при исследовании образца возникла проблема: при контроле качества был выявлен дефект сниженной твёрдости на поверхности слоя шестерни подачи масла после проведения операции азотирования.

Общие требования к изготовлению детали:

Шестерня подачи масла, ведущая

Сталь 40ХФА;

Твёрдость в сердцеvine заготовки: 241-269 НВ;

Азотировать: твёрдость на поверхности ≥ 575 НВ;

Слой: 0,25-0,4 мм.

Технологический процесс термической обработки.

Сталь 40ХФА обладает стойкостью к росту зерна, имеет высокие механические показатели. Процесс изготовления детали проводится следующим образом.

Первый процесс – горячая штамповка. Проводится для деформирования металлической заготовки в нагретом состоянии.

Далее производится закалка с последующим высоким отпуском.

Закалка – вид ТО, выражающийся в нагреве стали до температуры выше критической, выдержки для прогрева заготовки и охлаждении со скоростью выше критической.

Закалку для стали 40ХФА проводят с температур 850-880 °С (согласно ГОСТ 4543-71). В качестве охлаждающей среды выбираем масло. Структура – мартенсит.

Отпуск – вид ТО, выражающийся в нагреве закалённой стали до температуры ниже критической, выдержки и охлаждении со скоростью ниже критической. Является окончательной ТО для обеспечения заданных эксплуатационных свойств. Отпуск проводится непосредственно сразу после завершения закалки, так как есть большая вероятность возникновения трещин в структуре.

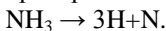
В соответствии с ГОСТ 4543-71 задаётся температура 650 °С, с продолжительной выдержкой 1-6 часов, охлаждающая среда – масло. Снимаются остаточные напряжения, повышается ударная вязкость и конструкционная прочность. Структура – сорбит отпуска.

И наконец проводится процесс азотирования стали.

Азотирование – процесс насыщения поверхностного слоя азотом в специально азотирующей среде. Поверхностный слой изделия, насыщенный азотом, имеет в своём составе растворённые нитриды и приобретает повышенную коррозионную стойкость и высокую твёрдость.

Азотирование обычно проводят при температуре 500-540 °С. В железную герметически закрытую реторту (муфель), вставленную в печь, помещают детали, подвергаемые азотированию.

В реторту из баллона поступает с определённой скоростью аммиак, который разлагается в ней (диссоциирует) по реакции:



Образующийся атомарный азот диффундирует в металл.

Основанием для правильных представлений о процессах азотирования служит диаграмма состояния системы Fe–N, представленная на рисунке 1.

В системе Fe – N возможно образование следующих фаз:

α - твердый раствор внедрения азота в ОЦК Feα - азотистый феррит, растворимость азота в Feα при 590 °С незначительна и составляет 0,1 % (по массе);

γ - твердый раствор внедрения азота в ГЦК Fe γ - азотистый аустенит, при температуре 591°C составляет 2,33% (по массе) N;

γ' - твердый раствор азота на базе нитрида Fe $_4$ N, тоже имеет ГЦК-фазу;

ε - твердый раствор азота на базе нитрида Fe $_3$ N, структура ГПУ, интервал составов от Fe $_3$ N до Fe $_2$ N, но пределы устойчивости сильно зависят от температуры;

ζ - Fe $_4$ N, ромбическая фаза.

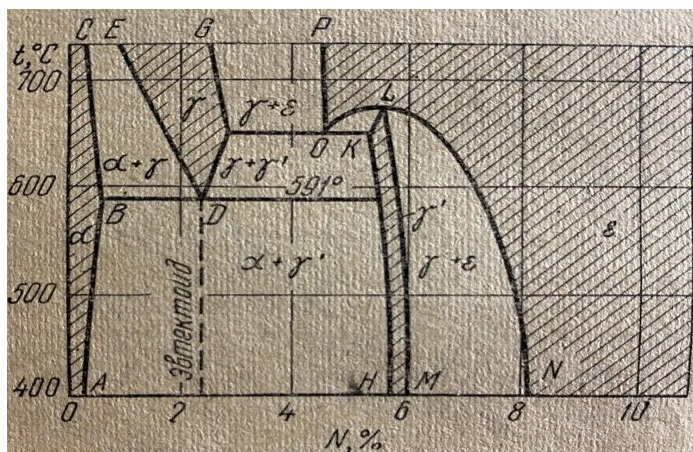


Рис. 1. Диаграмма состояния Fe–N

Характеристики изделия зависят от условий, в которых проводится процесс насыщения азотом стальных заготовок. На азотирование влияют некоторые факторы:

- температурный режим, поддерживаемый при проведении обработки;
- уровень давления, при котором муфель наполняется газом;
- длительность проведения процедуры.

После азотирования детали шлифуют или полируют, либо вообще не подвергают механической обработке.

Результаты исследования: показатель твердости на поверхности - 480 HV, слой - 0,35мм.

Структура азотированного слоя в плоскости микрошлифа с поверхности наблюдаются зоны нитридных соединений с расположенной под ним диффузионной зоной. Непосредственно по зоной нитридных соединений наблюдается зона повышенной тривимости (рис. 2).

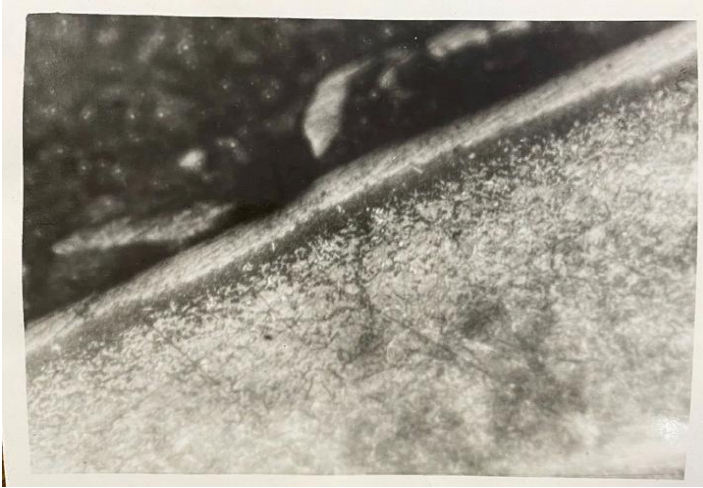


Рис. 2. Микроструктура на микрошлифе с выходом к поверхности азотированного слоя

Замер твёрдости азотированного слоя в плоскости микрошлифа от поверхности к сердцевине:

Твёрдость зоны нитридных соединений 620 HV;

Твёрдость в зоне повышенной травимости 350HV ;

Твёрдость диффузионной зоны 580 HV.

При медленном охлаждении ниже 590 °С азотистый аустенит распадается на эвтектоид (браунит), состоящий из α - и γ' - фаз и по строению напоминающий тростит.

Исследование микроструктуры (наличие зоны повышенной травимости с заниженной твёрдостью) свидетельствует о наличии в структуре азотированного слоя структурной составляющей браунит, которая образуется при температуре нагрева 590 °С.

В процессе насыщения слоя азотом реальная температура в печи была выше 590 °С, следовательно, это привело к образованию зоны браунита и снижению твердости, что и было приведено к созданию дефекта. Дефект является неисправимым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали Технические условия.
2. Гуляев, А.П. Металловедение. - Москва «Металлургия», 1986. 331 с.
3. Юргенсон, А.А. Азотирование в энергомашиностроении. Москва «Металлургия», 1962. 8 с.

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ОБЩЕЙ ВЛАГИ В ЛИТЕЙНОМ КОКСЕ

Т.В. Суханова, Д.И. Казюлина

Научный руководитель – **В.А. Иванова**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе были проанализированы различные источники, указывающие, что содержание массовой доли общей влаги в литейном коксе оказывает большое влияние на процесс ваграночной плавки. В связи с этим для наиболее объективной оценки была предложена методика, имитирующая этап хранения каменноугольного кокса.

Ключевые слова: ваграночная плавка, расход кокса, массовая доля общей влаги, методика хранения кокса

PLANNING OF THE EXPERIMENT TO DETERMINE THE INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS ON THE CONTENT OF THE MASS FRACTION OF TOTAL MOISTURE IN FOUNDRY COKE

T.V. Suhanova, D.I. Kazyulina

Scientific Supervisor – **V.A. Ivanova**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Various sources were analyzed in the work, indicating that the content of the mass fraction of total moisture in foundry coke has a great influence on the process of cupola melting. In this regard, for the most objective assessment, a technique was proposed that simulates the stage of coal coke storage.

Keywords: cupola smelting, coke consumption, mass fraction of total moisture, coke storage technique

Важной частью плавки чугуна в вагранке является каменноугольный кокс. От его качества зависят не только свойства и химический со-

став чугуна, но и энергоэффективность ваграночной плавки, определяемая расходом литейного кокса на тонну выплавленного чугуна [1].

Считается, что условия хранения не влияют на свойства литейного кокса [2]. Поставка литейного кокса осуществляется при наличии сертификата качества, в котором указаны характеристики в соответствии с ГОСТ 3340-88[2]. Но отличительной особенностью производства литейного кокса является длительное транспортирование насыпью в открытых в железнодорожных вагонах, то есть за время транспортирования и последующего хранения литейный кокс подвергается воздействию факторов окружающей среды.

Важным с точки зрения транспортировки и хранения свойством для оценки качества литейного кокса является массовая доля общей влаги [2]. Действительная массовая доля общей влаги кокса имеет достаточно сильное влияние на тепловые процессы при плавке чугуна в вагранке [3, 4].

В результате исследований [1] было выявлено, что на содержание массовой доли общей влаги влияют условия транспортирования литейного кокса. Но в жизненном цикле также большое значение имеет этап хранения перед использованием. Поэтому необходимо изучить влияние условий хранения на изменение соответствующего свойства. Обычно литейный кокс хранится на шихтовом дворе – чаще, на улице или в неотапливаемом помещении, и подвергается воздействию атмосферных осадков - снега и дождя. Не редки случаи, когда зимой литейный кокс просто лежит под слоем снега, и перед плавкой никак не просушивается.

В связи с этим появляется необходимость в разработке методики, позволяющей оценить изменение массовой доли общей влаги в литейном коксе в зависимости от условий окружающей среды. Для исследования необходимо использовать образцы товарной крупности - 40–60 мм, 60–80 мм, 80 мм и более. Для имитации условий хранения литейного кокса и определения зависимости между погодными условиями и содержанием массовой доли общей влаги необходимо провести исследование, в соответствии со следующей методикой:

1) просушить куски литейного кокса разной крупности (образцы) [2] в муфельной печи при температуре 500 °С до постоянной массы, первое взвешивание проводится через 30 минут, последующие каждые 10 минут;

2) охладить образцы литейного кокса на воздухе при комнатной температуре в течение 60 минут;

3) поместить образцы под капельный душ на 30, 60 и 90 минут для имитации воздействия атмосферных осадков;

4) произвести контрольное взвешивание.

Использовать необходимо образцы разных классов крупности, так как при плавке чугуна в вагранку попадают куски кокса разного размера.

Результаты измерения обрабатываются по формуле (1) содержания влаги в аналитической пробе кокса [2]

$$W^a = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100\%, (1)$$

где m_1 - масса пустого стаканчика с крышкой, г;

m_2 - масса стаканчика с крышкой и коксом после просушки, г;

m_3 - масса стаканчика с крышкой и коксом после капельного душа, г.

Повышенная массовая доля общей влаги в литейном коксе создает ряд трудностей – перемещение большого балласта, коррозия оборудования и смерзание его на складах и в железнодорожных вагонах. Однако имеется мнение о благоприятном влиянии влаги на процесс прокаливания, если ее содержание не превышает 5 %. Небольшое присутствие влаги в коксе исключает пыление при дроблении, классификации и транспортировании [1, 5]. Продолжительное хранение кокса в закрытых емкостях или на открытых площадках приводит к изменению не только его химических, но и физико-механических свойств за счет динамических нагрузок при разгрузке складов, статических нагрузок на расположенные ниже слои кокса в бункере или штабеле, истирания кусков, поглощения воды и обезвоживания. При открытом хранении кокса увеличивается вероятность его озоления в результате попадания в склад песка, мусора и других веществ. Склады открытого типа можно строить в районах, где не бывает морозов и мало атмосферных осадков [5].

По данным сайта DomeTechnology [6] в каменноугольной промышленности США, Китая, Венгрии и других стран широко распространены методики купольного хранения. Результаты эксперимента, предположительно, послужат основанием для рекомендаций о необходимости применения такой же технологии хранения каменноугольного кокса в нашей стране, чтобы исключить увеличение массовой доли общей влаги в литейном коксе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванова, В.А.* Влияние условий транспортировки на качество литейного кокса / В. А. Иванова, Е.О. Шамина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук: сб. ст. Самарский федеральный исследовательский центр РАН, 2018. С. 18-24.
2. ГОСТ 3340-88. Кокс литейный каменноугольный. Технические условия. Введ. 1990-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1989. 4 с.

3. *Тобер, С. Г.* Стабилизация теплового режима доменной плавки в условиях непостоянства влажности кокса / С.Г. Тобер, М.Г. Потапов, М.В. Потапова // Теория и технология металлургического производства: сб. ст. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2016. С. 19-21.
4. *Мелеусов, А.И.* Анализ стабильности показателей доменной плавки в условиях АО “Уральская сталь” / А.И. Мелеусов, М.Г. Потапов, М.В. Потапова // Теория и технология металлургического производства: сб. ст. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2016. С. 22-25.
5. *Походенко Н.Т.* Получение и обработка нефтяного кокса / Н.Т. Походенко, Б.И. Брондэ. - М.: Химия, 1986. 312с.
6. DomeTechnology. Промышленные проекты. URL: <https://www.dometechnology.com/industrial/projects/>

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В НАНОКОМПОЗИТНОЙ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИИ

Д.Е. Теплоков¹, И.П. Бычихин¹, А.Г. Тимошенко²

Научный руководитель – **А.Г. Тимошенко**, канд. техн. наук,
доцент

¹Военный Инновационный Технополис «ЭРА» (г. Анапа)

²Московский Институт электронной техники «МИЭТ»

В данной работе представлены результаты экспериментов по частичному разряду (ЧР) для шитых, агрегированных и кремниевых нанокompозитных полиэтиленовых нанокompозитов, модифицированных кремниевым нанонаполнителем октилсиланом с массовыми долями 1, 2, 3, 4, 5 и 10 % в диапазоне 0-27,5 кВ. Активность ЧР была самой низкой для немодифицированных и агрегатных нанокompозитов при массовой доле 5%. Модификация поверхности улучшила дисперсию нанонаполнителя и, таким образом, помогла немного снизить начало ЧР. Образцы шитого полиэтилена и кремнезема, модифицированные октилсиланом, показали самую низкую активность ЧР при массовой доле 3 %. Для дальнейшего подтверждения пригодности поверхностно-модифицированных нанокompозитов на основе октилсилана по сравнению с не модифицированными нанокompозитами и агломерированными нанокompозитами были измерены начальное напряжение разряда (ННР) и пробивное напряжение (ПН).

Ключевые слова: частичный разряд, октилсилан, нанокompозит

INVESTIGATION OF PARTIAL DISCHARGES IN NANOCOMPOSITE ELECTRICAL INSULATION

D. E. Teplyakov¹, I.P. Bychikhin¹ A.G. Timoshenko²

Scientific Supervisor – **A.G. Timoshenko**,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹Military Innovative Technopolis "ERA" (Anapa)

²Moscow Institute of Electronic Technology «MIET»

This paper presents the results of partial discharge (CR) experiments according to IEC 60270 for cross-linked, aggregated and silicon nanocomposite polyethylene nanocomposites modified with silicon nanofilloctilsilane with mass fractions of 1, 2, 3, 4, 5 and 10 % in the range of 0-27.5 kV. CR activity was the lowest for unmodified and aggregate nanocomposites at a mass fraction of 5 %. The modification of the surface improved the dispersion of the nanofill and, thus, helped to slightly reduce the onset of CR. Samples of cross-linked polyethylene and silica modified with octilsilane showed the lowest CR activity at a mass fraction of 3%. To further confirm the suitability of surface-modified octilsilane-based nanocomposites compared to non-modified nanocomposites and agglomerated nanocomposites, the initial discharge voltage (NPV) and breakdown voltage (PN) were measured in accordance.

Keywords: *partial discharge, octyl silane, nanocomposite.*

Область нанокомпозитной электроизоляции (нанонаполнитель + электроизоляция) – это область исследований, которая в последние годы привлекает большое внимание. Включение нанонаполнителей в изоляционные материалы несколько улучшает их диэлектрические, электрические и тепловые свойства [1-4]. Однако встраивание нанонаполнителей (агрегация) ставит под вопрос их надежность и применение. Сообщалось о снижении диэлектрической пробивной способности и других нежелательных электрических свойствах, агломерированных нанокомпозитов. Это ставит под сомнение существующие теории, разработанные для обоснования роли нанонаполнителей в улучшении электрических, механических и тепловых свойств нанокомпозитов. Недавно было обнаружено, что модификация поверхности нанонаполнителей (обычно силанизаторами) действует как адгезив между нанонаполнителем и полимерной матрицей, улучшая дисперсию первого. В результате улучшаются диэлектрические свойства, такие как сопротивление переменному и постоянному току, водостойкость, емкость заряда, диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери. Это способствовало применению нанокомпозитных электроизоляторов на основе таких материалов, как эпоксидная смола, ПВХ и шитый полиэтилен.

Шитый полиэтилен считается подходящим изоляционным материалом для передачи высокого напряжения. Однако с увеличением номинала таких электрических кабелей возрастает вероятность того, что электричество, вода и ЧР будут задерживаться внутри изоляции. Как упоминалось выше, включение нанонаполнителей может улучшить диэлектрические, электрические и тепловые свойства изоляционных материалов. Недавно были разработаны специальные нанокомпозиты, в которых нанонаполнители в полимерной матрице подавляют и устраняют дисперсию ЧР внутри изолятора и улучшают дисперсию ЧР.

Агрегация и коалесценция наночастиц ограничивают их применение в области диэлектриков и электроизоляции. Чтобы избежать агрегации, нанонаполнители модифицируют с помощью химических связующих, которые значительно улучшают дисперсию. Добавление нанонаполнителей в сшитые полиэтиленовые материалы, как полагают, может играть роль в улучшении этих свойств, но не было широко исследовано.

В дополнение к этим исследованиям в данной работе представлено исследование нанокомпозитов, модифицированных агрегатами и октилсиланом. Ожидается, что нанокомпозиты с наполнителями будут иметь практически те же характеристики, что и немодифицированные образцы.

Образцы сшитого полиэтилена и кремния с массовыми долями 3% и 5% сравнивались по активности ЧР с образцом сшитого полиэтилена, показанным на рис. 1.

Важность результатов заключается в поиске оптимального содержания нанонаполнителя, обеспечивающего благоприятные условия для исследования ЧР.

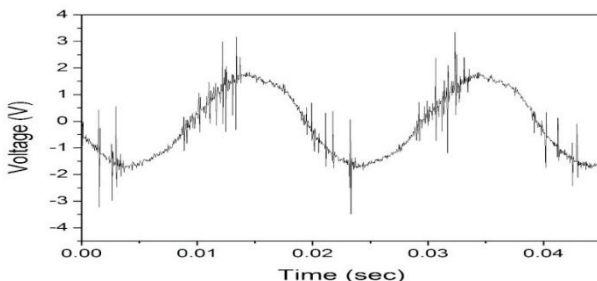


Рис. 1. ЧР-импульсы, полученные при 15,5 кВ в основном гелевом покрытии

Оказывается, что добавление нанонаполнителей явно снижает активность ЧР в образце. Поверхностная модификация нанонаполнителей оказывает незначительное влияние и ЧР-активность по сравнению с исходным образцом сшитого полиэтилена, как показано на рис. 1.

ЧР остается практически одинаковым во всех агрегированных нанокомпозитных слоях по сравнению с немодифицированными нанокомпозитными образцами, что снижает свойства и активность ЧР, препятствует образованию и распространению ЧР и помогает достичь лучшей дисперсии в полимерной матрице.

ЧР оставался значительно ниже, чем у немодифицированных нанокомпозитных образцов, и агрегировал до любой массовой доли

поверхностно-модифицированных нанокompозитных образцов на основе октилцеллюлозы. Для образцов из немодифицированного полиэтилена и сшитого кремнезема, когда массовая доля равна 5%, образцы имеют самую низкую ЧР активность при самых низких ННР и ПН. Это содержание считается оптимальным для ЧР свойств.

Свойства и активность ЧР в агрегированных нанокompозитах практически идентичны свойствам и активности ЧР в немодифицированных нанокompозитах. В данном случае агрегация наночастиц приводит к беспрепятственному образованию и распространению ЧР. Количественно, оптимальное содержание агрегированных нанокompозитов составляет 4-5 % от массовой доли.

В идеале ЧР должен происходить при более высоких входных напряжениях, но это снижает вероятность возникновения ЧР. Кроме того, изолятор должен выдерживать приложенное напряжение, что требует более высоких значений ННР. Образец, модифицированный октилсиланом, со сшитым полиэтиленом и массовой долей кремнезема 3%, имеет самые высокие значения ННР и ПН и самое низкое значение ЧР. В целом, поверхностно-модифицированные нанокompозиты имеют оптимальное содержание нанонаполнителя с точки зрения свойств ПД по сравнению с немодифицированными нанокompозитами и агрегированными нанокompозитами.

В результате модифицированные поверхностью нанокompозиты на основе сшитого полиэтилена и кремнезема можно считать экономически выгодным решением по сравнению с немодифицированными и агрегированными нанокompозитами. Из-за ограничений имеющихся испытательных систем не удалось получить необходимую информацию об импульсах ЧР, которая здесь не рассматривается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Tanaka, T.* IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul. 12 (2005) 914-928.
2. *Singha, S., Thomas, M.J.* IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul. 15 (2008) 12-23.
3. *Iyer, G. et. al.* IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul. 18 (2011) 659-666.
4. *Tsekmes, I.A. et. al.* IEEE Electr. Insul. Mag. 31 (2015) 32-42.

СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И НЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРАХ»

УДК 004.855.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРОЦЕССЕ СЕГМЕНТАЦИИ ДЕФЕКТОВ ПЕРЦЕВ

Л.Н. Бекина, В.С. Федотов

Научный руководитель – **В.С. Федотов**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается применение нейронных сетей для контроля качества продуктов. Для создания нейронной сети применялись популярные алгоритмы обучения с подкреплением. В результате была создана нейронная сеть, которая может выделять дефекты перцев с точностью более 85 %.

Ключевые слова: машинное обучение, распознавание дефектов, сегментация дефектов, обработка изображений, нейронная сеть

USE OF NEURAL NETWORKS IN THE PROCESS OF SEGMENTATION PEPPER DEFECTS

L.N. Bekina, V.S. Fedotov

Scientific Supervisor – **V.S. Fedotov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

This article discusses the application of neural networks for product quality control. Popular reinforcement learning algorithms were used to create the neural network. As a result, a neural network was created that can detect defects in peppers with more than 85 % accuracy.

Keywords: machine learning, defect recognition, defect segmentation, image processing, neural network

Наличие видимых дефектов на перцах может привести к убыткам для производителя или продавца, а также к снижению репутации и дове-

рия потребителей к бренду или организации (рис. 1). Кроме того, наличие дефектов на перцах может повлиять на цену продукта. Некачественные товары обычно продаются по более низкой цене, что может привести к снижению доходов компании. В целом, контроль качества продуктов, включая выделение дефектов на перцах, является необходимой составляющей производства и может помочь предотвратить материальные убытки.

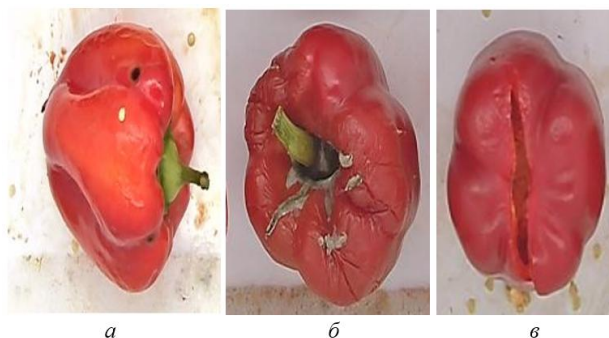


Рис. 1. Видимые дефекты перцев

а – альтернариоз; *б* – гниль; *в* – растрескивание до мякоти

В современном мире контроль качества продуктов является важным элементом производственного процесса. Он позволяет обеспечивать высокое качество продукции и защиту потребителей от некачественных товаров. Однако традиционные методы контроля качества могут быть неэффективными и не всегда гарантируют высокую точность. В этом контексте, нейронные сети могут стать мощным инструментом для повышения эффективности и точности процесса контроля качества продуктов.

Основная задача нейронной сети – это сегментация объектов, то есть процесс выделения объектов изображения на основе их характеристик и свойств.

Процесс сегментации объектов изображения на основе нейронных сетей включает в себя следующие этапы:

1. Подготовка данных

Для сегментации перцев на изображении, подготовился набор из 108 фотографий с помощью сайта Roboflow.

2. Обучение модели

Обучение нейронной сети происходит, с помощью готового примера из репозитория Mmdetection и архитектуры MaskRCNN, на основе подготовленных данных. Нейронная

сеть обучается находить зависимости между характеристиками объектов и их сегментацией на изображении.

3. Тестирование модели

После обучения, модель была протестирована на новых данных, чтобы оценить качество ее работы. По результатам исследования обученная нейронная сеть на 432 тестовых объектах показала правильный прогноз наличия дефектов на 366 фото, что свидетельствует о 85% точности прогноза (рис. 2).

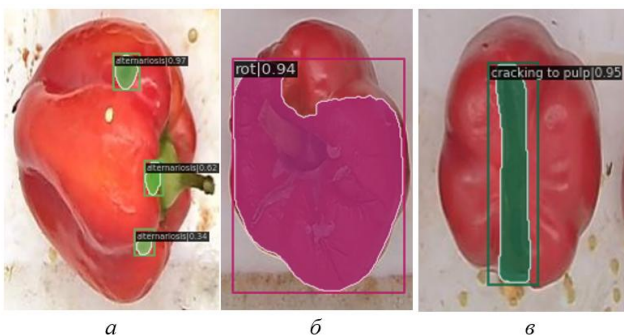


Рис. 2. Выделенные дефекты перцев

а – альтернариоз; *б* – гниль; *в* – растрескивание до мякоти

Подводя итоги, стоит отметить, что возникновение дефектов представляет собой неотъемлемую часть деятельности любой системы, поэтому необходимо правильно и своевременно их выявлять и устранять. Достигнутая точность прогноза в 85 % говорит о том, что нейронные сети могут быть эффективным инструментом для контроля качества продуктов. Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут привести к еще более точным и эффективным методам контроля качества продуктов на основе нейронных сетей.

Таким образом, использование нейронной сети в процессе выделения дефектов имеет высокую рациональность применения и значительно улучшит качество готовой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A Survey on Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation / Priyadharshini.K, Akila.R // International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. 2016. N 3297(8). P. 7. URL: https://www.researchgate.net/publication/312494475_A_Survey_on_Computer_Vision_Technology_for_Food_Quality_Evaluation
2. Kriesel, D.A Brief Introduction to Neural Networks. 2007. URL: <http://www.dkriesel.com>

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ НА БАЗЕ РОБОТОВ РФ-202 И РФ-204

А.С. Бочманов, В.С. Федотов

Научный руководитель – **В.С. Федотов**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена задача проектирования и управления робототехнического комплекса, состоящего из двух роботов. Выполнено построение электрической принципиальной схемы комплекса. Разработаны программы для промышленных контроллеров и выполнена настройка оборудования.

***Ключевые слова:** промышленный робот, манипулятор, промышленный контроллер, режим обучения, совместная работа*

AUTOMATION OF THE PROCESSING AND TRANSPORTATION OF PARTS BASED ON ROBOTS RF-202 AND RF-204

A.S. Bochmanov, V.S. Fedotov

Scientific Supervisor – **V.S. Fedotov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The problem of designing and controlling a robotic complex consisting of two robots is considered. The construction of an electrical schematic diagram of the complex is carried out. Programs for industrial controllers have been developed and equipment has been configured.

***Keywords:** industrial robot, manipulator, industrial controller, training mode, collaboration*

Для автоматизации и механизации ручных операций в промышленности используют устройства, которые обладают одной, двумя или тремя возможностями, присущими человеку: физические (способность развивать силу, скорость, совершать работу по перемещению тел, двигаться и работать в течение длительного времени), функциональные

(умение приспосабливаться к внешним условиям при воспроизведении некоторых двигательных функций человека) и умственные возможности (способность к ощущению и восприятию, к памяти, логике, обучению и т. п.) Эти устройства имеют самые разные названия, основными являются автооператоры, манипуляторы и промышленные роботы [1].

Промышленные роботы РФ-202 и РФ-204 предназначены для автоматизации процессов загрузки-разгрузки технологического оборудования. Устройство управления может работать в двух режимах работы: в режиме обучения и в автоматическом режиме.

Манипулятор робота РФ-202М (рис. 1), как и РФ-204, имеет модульную конструкцию. В состав комплекта модулей входят модуль подъема, модуль поворота, модуль горизонтального перемещения захвата, модуль ротации захвата, модуль зажима и блок электроуправляемых клапанов. Манипулятор может комплектоваться одной или двумя руками, в его составе могут отсутствовать какие-либо блоки, что легко позволяет набирать необходимое число степеней подвижности [2].

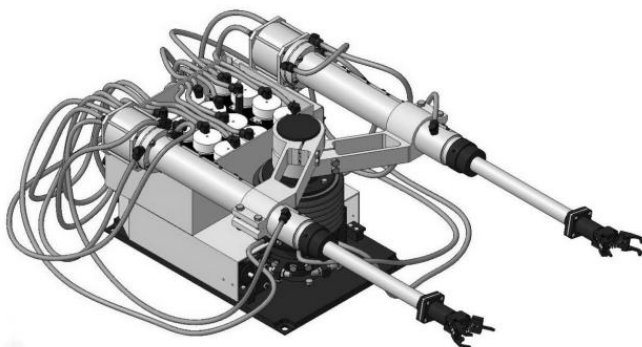


Рис. 1. Промышленный пневматический робот РФ-202

Работа изделия заключается в манипулировании (перемещении, съеме, установке) предметами, обрабатываемыми на технологическом оборудовании. При работе изделия перемещаемые предметы зажимаются в модулях зажима и осуществляется их вертикальное перемещение (подъем и опускание), горизонтальное (работа модуля горизонтального перемещения), поворот в горизонтальной плоскости и относительно вертикальной оси [3].

Управление перемещениями осуществляется системой управления путем программирования необходимых перемещений и последовательной работой по записанной программе. Запись программы производится в режиме «обучение» методом обучения пробного перемещения. Про-

грамма состоит из отдельных шагов, каждый из которых содержит информацию о конечных для данного шага положениях модулей зажима. В режиме «автомат» осуществляется работа изделия по любой из записанных программ по выбору оператора или по сигналу с технологического оборудования. При отработке одного шага программы может быть совершено только одно перемещение по каждой координате от начального положения, соответствующего конечному положению предыдущего перехода, до конечного, записанного в этом переходе [3].

Для реализации данной задачи было использовано техническое оборудование:

- Сенсорный панельный контроллер – для осуществления ручного управления и введения программы для автоматического режима;
- Модули ввода и модули вывода – для подключения роботов к сенсорному панельному контроллеру;
- Промышленный контроллер – в данной работе используется в качестве модуля ввода/вывода, в дальнейшем может быть использован для расширения функционала робототехнического комплекса

Одним из этапов проектирования являлось построение электрической принципиальной схемы, фрагмент которой изображен на рис. 2.

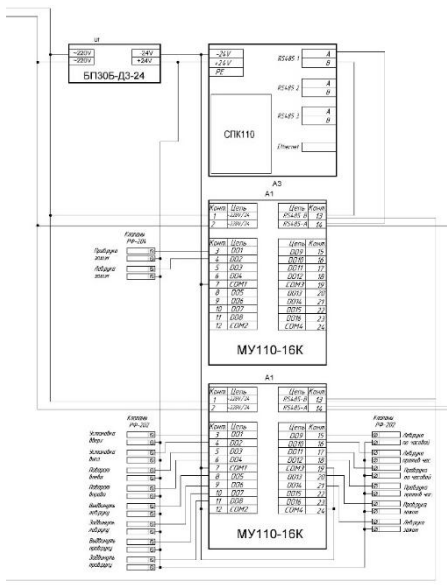


Рис. 2. Фрагмент электрической принципиальной схемы робототехнического комплекса

Следующим этапом работы заключалось программирование контроллеров. Фрагмент программы приведён на рис. 3. В программе были реализованы функции считывания сигналов с датчиков роботов, а также управление роботами в двух режимах: автоматическом и ручном.

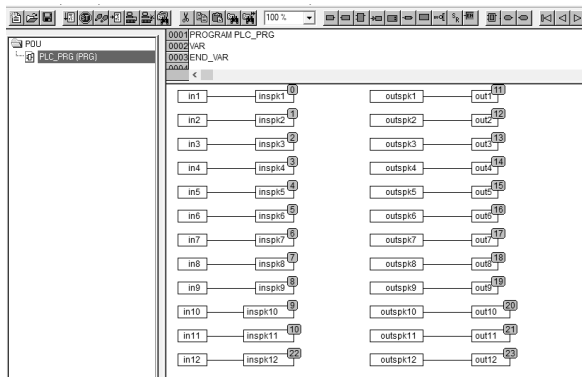


Рис. 3. Фрагмент программы для сенсорного панельного контроллера

Таким образом в работе описаны этапы разработки автоматизации процесса обработки и транспортировки деталей с использованием промышленных роботов. Данный комплекс имеет широкий спектр возможностей и может использоваться в различных сферах промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Промышленная робототехника / Под ред. Я.А. Шифрина. М.: Машиностроение, 1982.
2. Промышленные роботы в машиностроении. Альбом схем и чертежей / Под ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Машиностроение, 1987.
3. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. Кн.9. Лабораторный практикум по робототехнике: Учеб. пособие для вузов / под ред. И.М. Маркова. М.: Высш. Шк., 1986.

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ СЕТИ SMARTGRID С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

М.А. Веселов, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**,
канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена задача управления режимами работы сети Smart Grid. Для управления режимами работы сети Smart Grid применялись популярные алгоритмы обучения с подкреплением. Алгоритмы показали хорошую сходимость и успешно справились с поставленной задачей.

Ключевые слова: smartgrid, оптимальное управление, локальные источники энергии, pandapower, обучение с подкреплением

CONTROL OF SMART GRID OPERATION MODES USING REINFORCEMENT LEARNING

M.A. Veselov, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers the problem of control the operating modes of the Smart Grid network. To control the operating modes of the Smart Grid network, popular reinforcement learning algorithms were used. The algorithms showed good convergence and successfully solved the problem.

Keywords: smart grid, local energy resources, pandapower, reinforcement learning

В настоящее время наблюдается рост количества распределенных интеллектуальных сетей (Smart Grid – SG), которые помимо центральной сети электроснабжения включают локальные источники энергии, такие как фотоэлектрические панели, ветряные турбины, дизельные и газовые

генераторы, а также накопители энергии. Предприятия используют локальные генераторы и накопителей энергии с целью снижения оплаты за электроэнергию, уменьшения выбросов парниковых газов и повышения надежности электроснабжения своих энергопотребителей.

Сеть SG энергетического объекта предприятия может быть представлена как ориентированный граф $G_i(N_i, A_i)$, где N_i представляет собой множество шины (узлов) электрической сети i -го объекта, $i = 1, \dots, N$, а A_i – множество ребер (дуг), соединяющих шины. Узлами электрической сети являются шины B_i и устройства D_i . Множество всех устройств, подключенных к шине B_i , обозначим как $D_{Bi} \subseteq D_i$. Предполагается, что каждое устройство подключено к одной шине. Рассмотрим постановку задачи оптимального управления сетью SG.

Активная и реактивная мощность шины B_i должна удовлетворять условиям

$$P_{Bi} = \sum_{d \in D_{Bi}} P_{di}, \quad Q_{Bi} = \sum_{d \in D_{Bi}} Q_{di}, \quad (1)$$

где P_{di} и Q_{di} – активная и реактивная мощности устройства $d_i \in D_{Bi}$.

Активная и реактивная мощности шины B_i также должны удовлетворять условиям

$$P_{Bi} = \sum_{j=1}^{N_i} |U_{Bi}| |U_{Bk}| \left(G_{jk} \cos(\theta_{jk}) + B_{jk} \sin(\theta_{jk}) \right), \quad (2)$$

$$Q_{Bi} = \sum_{j=1}^{N_i} |U_{Bi}| |U_{Bk}| \left(G_{jk} \sin(\theta_{jk}) + B_{jk} \cos(\theta_{jk}) \right), \quad (3)$$

где G_{jk} – активная проводимость, B_{jk} – емкостная проводимость, $\theta_{jk} = \theta_j - \theta_k$, θ_j – фазовый угол в узле j .

Активная P_{jk} и реактивная Q_{jk} мощности ребра a_{jk} могут быть рассчитаны по формулам

$$P_{jk} = G_{jk} |U_{Bi}|^2 - |U_{Bi}| |U_{Bk}| \left(G_{jk} \cos(\theta_{jk}) + B_{jk} \sin(\theta_{jk}) \right), \quad (4)$$

$$P_{jk} = -B_{jk} |U_{Bi}|^2 - |U_{Bi}| |U_{Bk}| \left(G_{jk} \sin(\theta_{jk}) + B_{jk} \cos(\theta_{jk}) \right), \quad (5)$$

Активные и реактивные мощности всех устройств $d_i \in D_i$ электрической сети должны удовлетворять ограничениям

$$P_{di,l} \leq P_{di} \leq P_{di,u}, \quad (6)$$

$$Q_{di,l} \leq Q_{di} \leq Q_{di,u}, \quad (7)$$

Активные и реактивные мощности ребер a_{jk} должны удовлетворять ограничению

$$P_{jk}^2 + Q_{jk}^2 \leq S_{jk,u}^2, \quad (8)$$

где $S_{jk,u}^2$ – верхняя граница полной мощности ребра a_{jk} .

Уровень заряда накопителей должен ограничиваться условием

$$\frac{1}{\Delta h \eta} (C_{di,h} - C_{di,u}) \leq P_{di,h} \leq \frac{\eta}{\Delta h} (C_{di,h} - C_{di,l}) \quad (9)$$

где $C_{di,h}$ – уровень заряда в момент времени $h = t + \Delta h, \dots, t + H$, $\eta \in [0, 1]$ – коэффициент эффективности батареи, $P_{di,h}$ – активная мощность генерируемая или потребляемая накопителем в момент времени h , $C_{di,l}$, $C_{di,u}$ – минимальное и максимальное значение заряда соответственно. Шаг по времени Δh принимаем равным одному часу.

Задача оптимального управления сетью SG может быть поставлена как задача минимизации критерия

$$E = E_C + \sum_{i=1}^N (E_{Gi} + \Delta E_i), \quad (10)$$

где E_C – стоимость электроэнергии, получаемой от центральной энергосети, E_{Gi} – стоимость электроэнергии, получаемой от всех видов генераторов i -го объекта, ΔE_i – стоимость потерь электроэнергии в сети SG для i -го объекта.

Рассмотрим пример простой сети SG предприятия, схема которой показана на рис. 1.

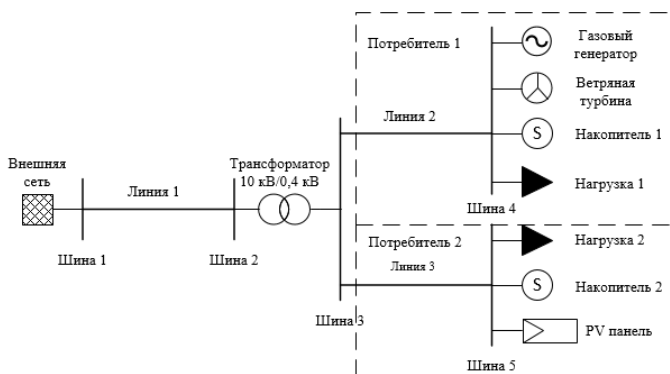


Рис. 1. Схема SG

Сеть SG на рис.1 включает внешнюю сеть 10 кВ, Шину 1 и Шину 2 на 10 кВ, Линию 1 протяженностью 10 км на 10 кВ, трансформатор 10 кВ/0,4 кВ и Шину 3 на 380 В. К Линии 2 протяженностью 800 м на 380 В и Шине 4 подключен объект, который мы условно назовем Потребитель

1. К Линии 3 протяженностью 700 м на 380 В и Шине 5 на 380 В подключен Потребитель 2. Потребитель 1 включает Нагрузку 1 мощностью 110 кВт, ветрогенератор мощностью 50 кВт, накопитель мощностью 50 кВА и газовый генератор мощностью 60 кВт. Потребитель 2 содержит нагрузку 2 мощностью 110 кВт, PV панель мощностью 50 кВт, накопитель мощностью 50 кВА.

Авторы для моделирования сети SG использовали библиотеку `pandapower` языка Python. Для оптимального управления режимами работы сети SG авторы применили два популярных алгоритма обучения с подкреплением. Первый алгоритм Advantage Actor Critic (A2C), второй алгоритм Proximal Policy Optimization (PPO) [1]. Для реализации алгоритмов A2C и PPO в работе использовалась известная библиотека `tensorflow` языка Python.

На рис. 2 показан график изменения вознаграждения (reward) для алгоритма PPO.

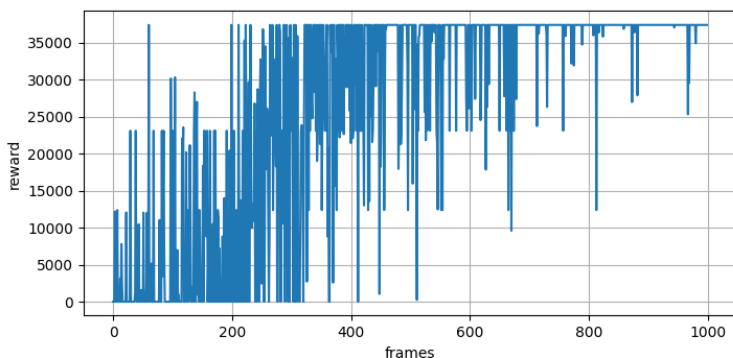


Рис. 2. Результаты решения задачи управления сетью SG

Из графика видно, что с увеличением числа кадров (frames) алгоритм PPO довольно быстро сходится к оптимальному решению, обеспечивающему максимум вознаграждения (минимум критерия (10)). Ограничение вознаграждения на графике определяется необходимостью соблюдения ограничений.

Таким образом, в работе рассмотрена задача управления режимами работы сети SG. Для управления режимами работы сети SG применялись популярные алгоритмы обучения с подкреплением PPO и A2C. Оба алгоритма показали хорошую сходимость и успешно справились с поставленной задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лапань, М.* Глубокое обучение с подкреплением. AlphaGo и другие технологии. СПб.: Питер, 2020. 496 с.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

**И.О. Власов, М.Д. Бобровничай, Л.М. Соболева,
О.Н. Кораблева**

Научный руководитель – **О.Н. Кораблева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено использование цифровых моделей для теоретической и практической подготовки персонала нефтегазовой отрасли, а также как инструмента контроля знаний технологического процесса.

***Ключевые слова:** цифровые модели, автоматизация технологического процесса, моделирование режимов работы оборудования*

DIGITAL TWINS IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

I.O. Vlasov, M.D. Bobrovnichy, L.M. Soboleva, O.N. Korableva

Scientific Supervisor – **O.N. Korableva**,
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The use of digital models for theoretical and practical training of personnel in the oil and gas industry, as well as a tool for controlling knowledge of the technological process, is considered.

***Keywords:** digital models, process automation, simulation of equipment operation modes*

Современные технологические процессы нефтехимической промышленности достаточно сложны для контроля, регулирования и управления, поэтому в настоящее время используется не только аналитика процесса, но и результаты имитационного моделирования. Автоматизация процесса в данном случае представляет собой сложную практическую задачу вследствие большого числа различных взаимосвязанных параметров, со сложной и недостаточно изученной динамикой процесса. Предварительно работают с моделью физического объекта: исследуют свойства и поведение в различных ситуациях. Использование современ-

ных контроллеров в качестве центрального управляющего органа позволяет учесть широкий спектр технологических требований и повысить надежность поддержания оптимального технологического режима [1].

Виртуально представить нефтегазовый процесс или систему в режиме реального времени позволяют цифровые двойники.

Цифровые двойники – это программно-аппаратное обеспечение, позволяющее провести технологический процесс в аппаратном исполнении, учитывая все физико-химические параметры потоков и производственный регламент.

Термин Digital Twins («цифровые двойники») появился еще в начале 2000-х, но с каждым годом, по мере развития технологий, он получает новое наполнение. Базовая концепция не сложна для понимания: мониторинг физического объекта осуществляется на основе замкнутого цикла информационного обмена между ним и его виртуальной моделью (тем самым цифровым двойником).

Физический объект использует датчики, которые собирают данные о состоянии объекта в реальном времени, после чего эти сведения отправляются цифровому двойнику. На основе полученных данных уточняется цифровая модель, которая, в свою очередь, дает рекомендации по оптимизации режима эксплуатации и обслуживания реального объекта (рис. 1) [2].

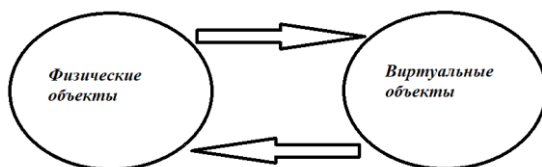


Рис. 1. Замкнутый цикл информационного обмена

В настоящее время распространена классификация, включающая три типа двойников: цифровые двойники-прототипы (DigitalTwinPrototype, DTP), цифровые двойники-экземпляры (DigitalTwinInstance, DTI) и агрегированные двойники (DigitalTwinAggregate, DTA).

Инженерный анализ на основе технологии цифровых двойников изделий может использоваться не только на этапе проектирования, но и для определения причин снижения производительности, оценки результатов различных стратегий управления, создания оптимальных графиков технического обслуживания изделий и т. д. [3].

Российская цифровая платформа компании РТСИМ [4] на протяжении многих лет позволяет создавать цифровые двойники реального действующего производства, эмуляторы систем РСУ/ПАЗ любых венде-

ров, виртуальных инструкторов для отработки пуска, остановки и различных аварийных ситуаций.

Цифровые модели на практике используются для обеспечения следующих целей:

- доведение до автоматизма действий технологического персонала по управлению технологическим оборудованием;
- сведение риска возникновения неполадок, аварий и инцидентов, обусловленных человеческим фактором, до минимума;
- обучение и отработка практических навыков ведения технологического процесса,
- пуска, плановой и аварийной остановок в нештатных и аварийных ситуациях;
- повышение способности быстро и правильно действовать в аварийных ситуациях, согласно плану мероприятий ликвидации аварий (ПМЛА);
- моделирование разных режимов работы установки для изучения требований, предъявляемых к качеству выпускаемых продуктов.

Для студентов или выпускников вуза программный продукт РТСИМ. Карьера (рис. 2) открывают следующие возможности:

- прикладное применение знаний по термодинамике, физхимии, гидравлике, тепло- и массообменным процессам;
- практические навыки управления технологическим объектом;
- навыки работы с распределенной системой управления на автоматизированном рабочем месте оператора;
- самостоятельная работа с виртуальным инструктором;
- получение собирательного опыта от специалистов нефтегазовой отрасли.

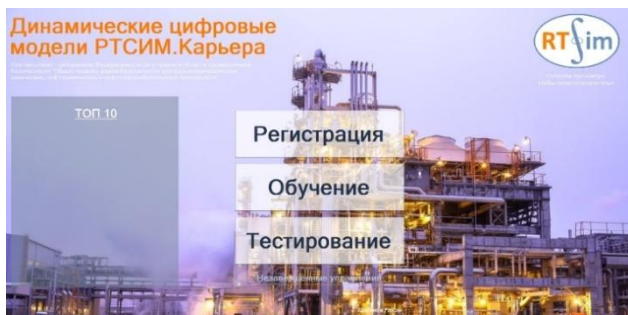


Рис. 2. Цифровая платформа компании РТСИМ

Использование программного продукта позволяет снижать затраты за счет возможности удаленного обучения, увеличить производительность и качество продукции, обеспечить безопасность и уменьшить влияния человеческого фактора на производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белоглазов, И.И.* Автоматизация процессов нефтепереработки с использованием современных средств разработки / И.И.Белоглазов, Б.Х. Курбанов // Neftegaz.RU. 2016. № 1-2. С. 34-37. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/archive/497360/>.
2. *Прохоров, А.* Цифровые двойники. Концепция развивается // Интернет-издание о высоких технологиях CNews. 2018. URL: https://data.cnews.ru/articles/2018-04-18_tsifrovye_dvojniki_kontsepsiya_razvivaetsya?ysclid=1f6icpuxmv8125880.
3. *Фролов, Е. Б.* Цифровые модели в задачах управления машиностроительным производством // РИТМ Машиностроения. 2020. № 9. URL: <https://ritm-magazine.com/en/node/7294>.
4. RTsim - компьютерные тренажеры для нефтегазового сектора. URL: <https://rtsim.ru/>

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.А. Денисов, И.В. Тюкин

Научный руководитель – **И.В. Тюкин**,
канд. техн. наук, заведующий кафедрой

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены возможности моделирования случайных процессов требуемых законов распределения случайной величины и автокорреляционной функции в распространенных системах имитационного моделирования. Выявлено отсутствие возможности задания параметров автокорреляционной функции стандартными средствами указанных систем.

Ключевые слова: имитационное моделирование, закон распределения случайной величины, автокорреляционная функция, Simulink, Xcos, AnyLogic

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF MODELING RANDOM PROCESSES IN MODERN SIMULATION SYSTEMS

A.A. Denisov, I.V. Tyukin

Scientific Supervisor – **I.V. Tyukin**,
Candidate of Technical Sciences, Head of the Department

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the possibilities of modeling random processes of the required distribution laws of a random variable and an autocorrelation function in common simulation systems. The absence of the possibility of setting the parameters of the autocorrelation function by standard means of these systems is revealed.

Keywords: simulation, distribution of a random variable, autocorrelation function, Simulink, Xcos, AnyLogic

Одним из наиболее рациональных способов прогнозирования поведения и свойств сложных технических систем и объектов при их проектировании является имитационное моделирование. Важным при по-

строении имитационной модели является вопрос соответствия построенной и используемой модели исследуемому объекту. Одним из аспектов такого соответствия является качественная имитация случайных процессов (временных рядов), наличие которых являющихся характерной особенностью моделирования любого непрерывного технологического процесса.

Для моделирования случайных процессов необходимо обладать возможностью задания закона распределения случайной величины и параметров автокорреляционной функции [1].

Законом распределения случайной величины называется соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями. Автокорреляционная функция отражает степень линейной статистической связи между значениями предшествующими и последующими значениями случайного процесса.

Задачей данной работы являлся анализ возможностей формирования случайных процессов указанием параметров закона распределения и автокорреляционной функции путем выбора стандартных блоков (функций) и/или варьирования их параметров в трех широко распространенных универсальных системах имитационного моделирования (СИМ):

- *MathLAB/Simulink*;
- *Scilab/Xcos*;
- *AnyLogic*.

Система имитационного моделирования *MathLAB/Simulink* предлагает несколько блоков (генераторов случайных значений) для имитации случайных процессов, представленных в табл. 1 [2].

Таблица 1. Генераторы случайных значений в СИМ MathLAB/Simulink

Наименование блока	Выполняемая функция
<i>Random Number</i>	генерирует нормально распределенные случайные числа
<i>Uniform Random Number</i>	генерирует равномерно распределенные случайные числа в заданном интервале
<i>Random Integer Generator</i>	генерирует равномерно распределенные случайные целые числа в заданном диапазоне
<i>Random Source</i>	генерирует массив из M значений, взятых из равномерного или гауссова псевдослучайного распределения

Кроме указанных в табл. 1 блоков в системе имитационного моделирования MathLAB/Simulink представлен ряд блоков (*Random Interleaver*, *Random Deinterleaver*), случайным образом переставляющих элементы вектора на входе этого блока, но которые не могут быть использованы при моделировании случайных процессов.

В системе имитационного моделирования *Scilab/Xcos* представлен один блок формирования случайных значений с заданным законом распределения – *RAND_m*, который позволяет с помощью его конфигурирования выбирать один из двух законов распределения случайной величины – нормальный или равномерный закон [3].

Система имитационного моделирования *AnyLogic* поддерживает большое количество разных вероятностных распределений [4]: нормальное, равномерное, Пуассона, экспоненциальное, логарифмическое, Эрланга, Хи-квадрат, Лапласа, логистическое, треугольное, гамма-распределение и т.п. – всего 39 различных вариантов.

На основании указанной информации можно сделать вывод, что все рассматриваемые системы обладают различными, но достаточно широкими возможностями по формированию заданного закона распределения при имитации случайных процессов. Но при этом анализ описания возможностей указанных систем имитационного моделирования [2,3,4] выявил отсутствие в этих системах какой-либо возможности задания автокорреляционной функции случайного сигнала с использованием стандартных блоков имитации.

В связи с этим для построения более точных имитационных моделей предлагается разработка специализированных блоков в указанных системах имитационного моделирования, позволяющих формировать случайные процессы с заданной автокорреляционной функцией и, возможно, другими стохастическими параметрами, что будет являться предметом дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюкин, И.В. Построение управляемого формирователя псевдослучайных процессов / И.В. Тюкин, М.П. Цыганков // Известия вузов: Химия и химическая технология, 2002. Т. 45(7). С. 121-124
2. *MathWorks: Help Center. Documentation – MATLAB & Simulink.* URL: <https://www.mathworks.com/help/index.html> (дата обращения 17.03.2023).
3. *Scilab Online Help - Xcos.* URL: https://help.scilab.org/docs/2023.0.0/ru_RU/section_294d6351f3b8b98a611fc90bc118d542.html (дата обращения 17.03.2023)
4. *Справка AnyLogic.* URL: <https://anylogic.help/ru/anylogic/index.html> (дата обращения 17.03.2023).

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

А.А. Дьяконов, Н.Г. Семенова

Научный руководитель – **Н.Г. Семенова**,
д-р пед. наук, профессор

Оренбургский государственный университет

Рассматривается структура систем поддержки принятия решений распределительных электрических сетей и решаемые ими задачи

Ключевые слова: *система поддержки принятия решений, оперативно-технологическое управление, автоматизированные системы диспетчерского управления*

AUTOMATED DISPATCH CONTROL SYSTEMS

A.A. Dyakonov, N.G. Semenova

Scientific Supervisor – **N.G. Semenova**, Doctor of Pedagogical
Sciences, Professor

Orenburg State University

The structure of decision support systems for distribution electrical networks and the tasks they solve are considered.

Keywords: *decision support system, operational and technological control, automated dispatch control systems*

Организация системы поддержки принятия решений при оперативно-технологическом управлении (рис. 1) основывается, на следующих системах управления:

1. Автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ). Применение АСДУ значительно повышает эффективность работы оперативного персонала за счет интеграции и оптимизации средств автоматизи, телемеханики и связи;

2. Автоматизированная система контроля и учета электропитания (АСКУЭ). АСКУЭ применяется для автоматизации коммерческого учета

и технического учета переданной через распределительные электрические сети и отпущенной потребителям электроэнергии;

3. Автоматизированная система производственно-технического и организационно-экономического управления (АСПТОУ). АСПТОУ применяется для решения задач: учета и анализа технического состояния линий электропередач, оборудования, устройств; учета технологических нарушений и результатов расследования, разработка и внедрение противоаварийных мероприятий; организация ремонтов, составление графиков и объемов ремонтов и технического обслуживания; составление смет, трудозатрат, составление отчетов о выполнении плановых ремонтов и технического обслуживания распределительных сетей; составления нормальных схем электрических соединений оборудования; паспортизации оборудования; частичного и полного ограничения и возобновления электроснабжения потребителей.



Рис. 1. Состав системы поддержки принятия решений при оперативно-технологическом управлении

Эффективность функционирования системы поддержки принятия решений при оперативно-технологическом управлении заключается в единой информационной платформе, на основе современной многопользовательской системы управления базами данных (СУБД), работающей в локальной сети предприятия с внедрением унифицированных средств графического отображения информации, и интеграции всех программных и технических средств в рамках оперативного управления.

В настоящее время разработкой и совершенствованием таких систем занимаются ведущие компании, а также научные сообщества.

Компания МОДУС занимается разработкой и внедрением программного обеспечения для оперативно-диспетчерских служб [1]. В основе диспетчерской информационной системы МОДУС лежит цифровизация ведения мнемосхемы и электронного журнала диспетчера предприятия электрических сетей. Работа программного комплекса основывается на ведении электронной схемы. Электронный журнал заполняется автоматически в соответствии с изменениями в оперативной схеме.

Основные возможности системы:

1. Учет переключений как первичной (непосредственные коммутационные аппараты), так и вторичных (состояние релейной защиты и автоматики) схемах;
2. Обеспечивает проверку допустимости выполнения операций на основе правил переключений в электроустановках;
3. Позволяет вести переключения по бланкам или программам переключений, либо пооперационно;
4. Позволяет вести учет местонахождения ОВБ, ремонтных бригад, участков проведения ремонтных работ, мест аварий, установленных переносных защитных заземлений.
5. Возможность приема телеинформации и телеизмерений, а также телеуправления энергетическими объектами через индустриальный программный интерфейс ОРС.

К недостаткам программного комплекса стоит отнести: отсутствие компонентов анализа аварийных ситуаций, рекомендаций по предотвращению и развитию нарушений нормального режима, планирование режимов и др. Согласно документации программного комплекса МОДУС таких компонентов нет, но возможно включение их в дальнейшем.

В институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук разработан программный комплекс «АНАРЭС» [2] предназначен для оперативных расчетов, анализа и планирования режимов электроэнергетических систем.

Основные возможности:

1. Расчет установившихся режимов ЭСС;
2. Оптимизация потерь активной мощности;
3. Утяжеление режимов ЭСС;
4. Моделирование коммутаций в схеме.

Программный комплекс содержит алгоритмы проверки информации телесигналов и телеизмерений, проверка допустимости режима с заданными параметрами. Компонент оценивания показателей надёжности ЭЭС позволяет «проигрывать» аварийные ситуации по общепринятому алгоритму «n-1» и частично «n-2» не только возмущений, но и отказов автоматики в аварийных ситуациях. Также предусмотрен метод

взвешенных наименьших квадратов. На сегодняшний день такой подход является классической постановкой задачи оценивания состояния.

В программном комплексе «АНАРЭС» не присутствуют компоненты, позволяющие проводить режимный анализ сточки зрения социальной важности объекта и технического состояния линий электропередач и оборудования, рассчитываются только режимные параметры, которых может быть недостаточно для выборного того или иного режима.

На кафедре электроэнергетических систем Московского электроэнергетического института разработан программный комплекс, предназначенный для автоматизации управления эксплуатацией распределительных электрических сетей (РЭС) 0,4–35 кВ систем электроснабжения городов, промышленных предприятий и сельского хозяйства.

Возможности программы:

1. Автоматическое формирование на основе данных по оборудованию и графической схемы сети расчетного графа ее текущего состояния для анализа режимов сети и управления ими;

2. Расчет режима сети (токов в ветвях и напряжений узлов) для ее текущего нагрузочного и коммутационного состояния с учетом действия системной автоматики – одно- и двусторонние АВР в сети 6-10 кВ и АВР 0,4 кВ на контакторных станциях или автоматических выключателях;

3. Отображение результатов расчетов в удобном виде и автоматическое выделение перегруженных элементов;

4. Выделение участка сети без питания и расчет его суммарной отключенной мощности (тока);

5. Отображение смежных с ним коммутационных аппаратов и секций шин, через которые может быть подано питание на отключенный участок с указанием максимально возможной мощности (тока) "помощи" через каждый из этих аппаратов, не приводящей к перегрузке других элементов сети.

Разработка системы поддержки принятия решений при оперативно-технологическом управлении должна включать в себя информацию о техническом состоянии оборудования, иметь графический редактор для отображения положений коммутационных аппаратов, иметь доступ к СУБД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программный комплекс для энергетики МОДУС. М., 2008. URL: <http://swman.ru/content/view/166>;
2. Программно-вычислительный комплекс АНАРЭС. И., 2010. URL: <http://anares.ru>.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЖГУТОВ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ, АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ
И СИСТЕМ СВЯЗИ**

А.В. Калачников, Д.Ю. Волков, Д.В. Шамгунов, А.В. Печаткин

Научный руководитель – **А.В. Печаткин**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева

Рассмотрены вопросы реверс-инжиниринга и расширения функций автоматизированной системы комплексного контроля и испытаний сложных кабельно-жгутовых изделий.

Ключевые слова: автоматизированная система контроля, кабельно-жгутовое изделие, паспорт изделия, система менеджмента качества

**MODERNIZATION OF THE MODULAR SYSTEM
OF AUTOMATED CONTROL OF ELECTRICAL HARNESSSES
FOR THE AEROSPACE INDUSTRY, AUTOMOTIVE
INDUSTRY AND COMMUNICATION SYSTEMS**

A.V. Kalachnikov, D.Y. Volkov, D.V. Shamgunov, A.V. Pechatkin

Scientific Supervisor – **A.V. Pechatkin**,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

The issues of reverse engineering and expansion of the functions of the automated system of complex control and testing of complex cable and harness products are considered.

Keywords: automated control system, cable-harness product, product passport, quality management system

Современное электронное оборудование, устанавливаемое на борту пилотируемых и беспилотных воздушных летательных и космических

аппаратов или используемое в составе систем автоматического управления авиационными двигателями и бортовыми механизмами, представляет собой сложный комплекс изделий, функционирование которых невозможно без взаимной связи друг с другом. Такая связь осуществляется на основе разнообразных проводных соединений, выполненных в форме жгутов и кабелей с разъемами различного типа. Подобные изделия имеют сложную структуру, значительную протяжённость и большое количество проводных соединений, в т.ч. выполненных непосредственно на контактах разъёмов. Отсутствие предусмотренных соединений, равно как и наличие непредусмотренных соединений, а также выход за допустимые пределы параметров (сопротивления проводов, сопротивления изоляции, ёмкости, индуктивности проводника и т.п.) проводного изделия может стать причиной неудовлетворительной работы бортового радиотехнического комплекса (БРТК) [1,2,3].

В настоящее время контроль целостности таких изделий в основном осуществляется вручную на основе простейших аналоговых или цифровых измерителей (тестеров), при этом увеличивается трудоёмкость выполняемых операций, возрастает время диагностики и повышается вероятность субъективных ошибок оператора. Нередки случаи возвращения успешно прошедшего контроль изделия для устранения неисправностей, проявившихся непосредственно при испытании БРТК.

Имеющаяся статистика позволяет утверждать, что в зависимости от сложности кабельно-жгутового изделия процент брака может превышать 60% в результате выхода за пределы установленного допуска хотя бы одного контролируемого параметра качества.

Ранее в студенческом конструкторско-технологическом бюро кафедры РТС РГАТУ имени П.А. Соловьёва в рамках реализации программы «У.М.Н.И.К.» был разработана программно-аппаратная система контроля проводных соединений УКПС-1, которая была изготовлена и успешно внедрена на предприятии-партнёре – АО «Ярославский радио завод» – рис. 1.



Рис. 1. Реализация системы контроля УКПС-1

Реализованный вариант УКПС имел 64 независимых канала тестирования с возможностью анализа соединений, в т.ч. выполненных на контактах разъёмов, и позволял проводить оперативную автоматическую калибровку каналов электронной коммутации, реализованных на основе твердотельных оптоэлектронных реле.

Управление коммутацией, формирование диагностических сценариев и обработка результатов осуществлялось на внешней рабочей станции, что снижало мобильность прибора, но, при этом, позволяло подключать к одному компьютеру несколько УКПС. Главным ограничивающим фактором являлось функционирование прибора в единственном режиме – режиме тестера, позволяющем диагностировать наличие или отсутствие соединения и измерять сопротивление проводника до 1 кОм.

Успешная эксплуатация прибора показала корректность предложенных решений, но выявила необходимость сохранения его базовой конфигурации и проведения реверс-инжиниринга с добавлением следующих дополнительных, ранее отсутствующих функций:

- возможность автономной работы вне рабочей станции с загрузкой диагностических сценариев с помощью карты памяти или сетевого интерфейса и сохранения результат теста по каждому КЖИ;

- считывание штрих-кода или QR-кода проверяемого проводного изделия и его интеграция в формируемый цифровой паспорт изделия;

- измерение сопротивления проводов и сопротивления изоляции в диапазоне от 10 мОм до 50 МОм;

- контроль целостности кабельных изделий, выполненных на основе коаксиальных и симметричных линий, благодаря контролю комплексного сопротивления и измерения индуктивности и ёмкости;

- использование графического интерфейса и совмещённых визуализированных органов управления на панели прибора;

- расширение диапазона контрольно-испытательных напряжений до 200 В;

- введение радио интерфейса стандарта IEEE 802.11n и проводного интерфейса Ethernet.

На рис. 2 показаны новые возможности встроенного графического интерфейса модернизированного измерительного комплекса.

Как уже отмечалось ранее, новый вариант УКПС позволяет осуществлять управление сразу несколькими модулями с помощью рабочей станции, работающей автономно или в составе локальной сети предприятия.



Рис. 2. Концепция модернизированной версии УКПС

Кроме того, при организации комплексного (множественного) рабочего места результаты диагностики, проводимой несколькими УКПС, доступны для вывода на внешний экран.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болотеина, Н.В. Автоматизация контроля кабельных изделий в производстве авионики воздушных летательных и космических аппаратов / Н.В. Болотеина, Д.А. Смирнов, М.С. Трепаленко // Материалы международной научной конференции молодых ученых «Гагаринские чтения». Москва, МАТИ им. Циолковского, 2009
2. Болотеина, Н.В. Автоматизация контроля кабельных изделий / Н.В. Болотеина, Д.А. Смирнов, М.С. Трепаленко // Материалы 62 региональной научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов ВУЗов. Ярославль, ЯрГУ им. Демидова, 2009
3. Болотеина, Н.В. Повышение эффективности контроля кабельных изделий для воздушных и космических аппаратов / Н.В. Болотеина, Д.А. Смирнов, М.С. Трепаленко // Материалы международной научной конференции молодых ученых «Туполевские чтения». Казань, КГТУ им. Туполева, 2009

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ MSEXCEL. АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

А.М. Касимов, А.С. Шашиев, В.С. Бояркин, Н.Г. Макаренко

Научный руководитель – **Н.Г. Макаренко**,
канд. техн. наук, ст. научный сотрудник

Военный инновационный технополис «ЭРА»

Создан инструмент для автоматического восстановления и синтеза каротажных кривых на базе MS Excel. Рассмотрены различные способы расширения стандартной функциональности MSEXcel.

Ключевые слова: *Надстройки MSEXcel, прямая задача геофизики, автоматизация*

EXPANDING THE CAPABILITIES OF MS EXCEL.AUTOMATION OF SOLVING GEOPHYSICAL PROBLEMS

A.M. Kasimov, A.S. Shashiev, V. S. Boyarkin, N.G. Makarenko

Scientific Supervisor – **N.G. Makarenko**,
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Military innovative technopolis «ERA»

The paper describes the details of the implementation of the tool for automatic recovery and synthesis of well log curves based on MS Excel. Various ways of extending the standard functionality of MS Excel are considered.

Keywords: *MS Excel add-ins for solving geophysical problem, automation*

MSEXcel – популярное программное обеспечение (ПО), используемое во многих инженерных и научных проблемных областях. Данное ПО обладает широкой функциональностью и позволяет решать большинство типовых задач. Тем не менее так же существуют инструменты, позволяющие расширить стандартные возможности. Одни из таких инструментов являются официальными, декларируются, документируются и

рекомендуются разработчиком. Другие появились и развиваются за счет сообщества пользователей. Каждый из инструментов имеет свои достоинства и недостатки, а выбор конкретного способа определяется требованиями к безопасности, сложности разработки и удобству.

В данной работе описывается опыт использования одной из нестандартных методик расширения функциональности MSExcel для автоматизации решения прямой и обратных задач геофизики. Также дана оценка альтернативным, официальным, способам.

Самый последним из предложенных официальным разработчиком инструментов является платформа надстроек Office, предназначенная для использования во всех продуктах MSOffice, в том числе и Excel, но в полной мере он может быть применен для версий младше 2016 года. Основным преимуществом данного метода является возможность использования веб-технологий (HTML, CSS, JavaScript) для реализации задуманной функциональности. Надстройки, созданные подобным образом, могут делать практически всё, что веб-страница может делать в браузере от визуализации графиков в реальном времени до отображения карт и воспроизведения видео. Так же они являются кроссплатформенными. Безопасность исполнения достигается путём запуска всех подпрограмм в специально выделенной (изолированной) среде, но ценой этому является сложность взаимодействия с внешними данными в файловой системе компьютера или в сети. Надстройки Excel, созданные с помощью данного инструмента, можно размещать во внутреннем магазине расширений, взимать плату за пользование ими, а также определить группу пользователей, имеющих доступ к ним. Тем самым имеется возможность централизованно развертывать и распространять любые обновления в созданном расширении.

Более ранними решениями, представленные разработчиками, для интеграции новой функциональности в MSExcel являются: макросы VBA и VisualStudioToolsforOffice (VSTO). Первый из них наиболее старший и широко поддерживаемый всеми версиями, но разработка представляется сложной из-за ограниченности в доступных библиотеках. Второй лишен этого недостатка так как для языка программирования C#, на котором ведется разработка, существует множество библиотек. Так же VSTO практически так же гибок в создании пользовательских интерфейсов, как и платформа надстроек Office. Чего нельзя сказать про VBA, количество виджетов ограничено набором встроенных в Excel элементов ActiveX [1].

Для автоматизации решения прямых и обратных задач геофизики использовались связка из двух языков программирования: VBA и C++. Архитектура надстройки показана на рис. 1, где А – это набор классов с их статическими методами и функциями, обеспечивающие матема-

тические расчёты и работу с данными; В – динамическая библиотека, компонуемая совместно с вышеописанными объектами, дополнительно реализующая программный интерфейс для обмена данными с Excel; С – книга Excel «Curve_mag_i_add-in.xlam», содержащая в себе вспомогательные макросы, декларирующие функции DLL и создающие интерфейс взаимодействия с вычислительным ядром, а также XML разметки пользовательских окон и вкладок.

«Curve_mag_i_add-in.xlam» играет роль установщика и подключается к приложению Excel через окно пользовательских надстроек.

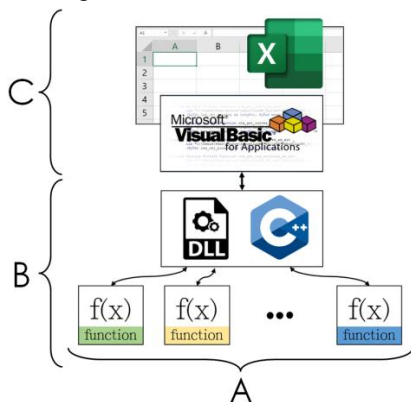


Рис. 1. Визуализация архитектуры надстройки

Для работы с данными каротажей был написан класс «Las.cpp», который содержит функции для чтения и записи кривых в формате Las (Log ASCII Standard), который имеет поля аналогичные Las файлам 3 версии [2] (мнемоники, кривые, единицы измерения, шаг по глубине, имя скважины, комментарии и т.д.). Доступ к данным полям для чтения или изменения производился через специальные методы, контролирующие консистентность данных.

«Las.cpp» - это информационный класс, содержащий всю информацию о кривых геофизических исследованиях скважин (ГИС). Он используется для хранения входных и выходных данных при создании моделей, а также сами модели.

Методы восстановления и синтеза каротажных диаграмм, а также расчёт статистических оценочных параметров реализованы как статические функции отдельного класса «math_utilits.cpp».

Большинство математических расчётов производится с помощью библиотеки «ALGLIB», распространяющейся под свободной лицензией GPL.

Помимо основных возможностей восстановления и синтеза кривых, в созданную надстройку была включена возможность работы с данными Las файлов из функций Excel. А именно, получение информации о файле, списка мнемоник, вставка кривых на лист. Данные операции вызывались через DLL, которые уже имеют соответствующие методы. Для реализации потребовалось лишь создать вспомогательные макросы для вставки данных на лист «MTX_module.bas». Эти макросы собраны в отдельную пользовательскую надстройку Excel.

Со стороны Excel, для взаимодействия с DLL были написаны скрипты VBA, декларирующие функции DLL, макросы, взаимодействующие с окнами пользовательских интерфейсов и абстрактные процедуры (диспетчеры) для управления указателями объектов DLL, которые необходимы для обеспечения реентерабельного решения независимого от глобального контекста [3]. Дополнительно в Excel содержатся разметки пользовательских окон в формате XML, для обеспечения управлениям вычислениями (рис. 2).

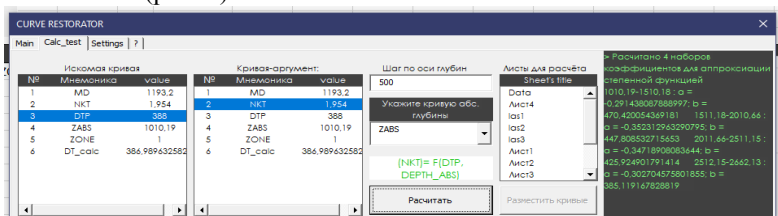


Рис. 2. Пользовательский интерфейс для использования функции восстановления акустических исследований скважины

Таким образом, создан инструмент для автоматического восстановления и синтеза коротажных кривых на базе MSeXcel. Это позволяет создавать линейные и степенные регрессионные модели, применять нейронные сети прямого распространения, а также работать с Las-файлами и матричными данными напрямую из функций. Архитектура позволяет добавлять и расширять функциональность с минимальным изменением исходного кода. Данная надстройка в дальнейшем использована для проведения численных экспериментов и сравнительной оценки различных методов восстановления коротажных диаграмм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Albright, S.C.* VBA for modelers: Developing decision support systems with Microsoft Office Excel. Cengage Learning, 2015.
2. *Heslop, K. et al.* Log Ascii standard (LAS) version 3.0 // The Log Analyst. 1999. Т. 40. - №. 06.
3. *Губадуллин, Р.Ф.* Потокбезопасные вызовы элементов управления в обогащенных клиентских приложениях // Программные системы и вычислительные методы. 2022. №. 4. С. 1-19.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ДО ОБЪЕКТА В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Д.А. Кискин, Е.П. Шершуков, А.В. Цибизов, Н.Г. Макаренко

Научный руководитель – **Н.Г. Макаренко**,
канд. техн. наук, ст. научный сотрудник

Военный инновационный технополис «ЭРА»

Рассмотрены наиболее распространенные технологии определения расстояния до объекта в робототехнических комплексах. Выбрано наилучшее обоснованное предложение, позволяющее определять расстояние до объекта на больших расстояниях.

***Ключевые слова:** робототехническая система, ультразвуковой дальномер, инфракрасный дальномер, камера глубины, промышленные роботы*

ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR DETERMINING THE DISTANCE TO AN OBJECT IN ROBOTIC COMPLEXES

D. A. Kiskin, E. P. Shershukov, A.V. Tsibizov N.G. Makarenko

Scientific Supervisor – **N.G. Makarenko**,
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Military Innovative Technopolis «ERA»

For this study, the most common technologies for determining the distance to an object in robotic complexes were considered. The best reasonable proposal was chosen, which allows determining the distance to the object at long distances.

***Keywords:** robotic system, ultrasonic rangefinder, infrared rangefinder, depth camera, industrial robots*

Динамичное развитие робототехнической сферы, появления умных роботов, искусственного интеллекта и возможные последствия этих процессов создают почву для оживления дискуссий. Робототехническая система – система, включающая роботов, рабочие органы роботов, а также машины, оборудование, устройства и датчики, поддерживающие роботов во время работы [1].

Робототехнические системы широко распространены в современном мире. В большинстве случаев они имеют блок получения информации, блок обработки этой информации и блок управления, каждый из которых существенно влияет на работу таких систем. В данном исследовании речь идет о робототехнических комплексах, для которых важной задачей является определение расстояния до объекта, что выполняется в блоке обработки информации. Работа всей системы в целом зависит от работы этого устройства, поэтому очень важно выбрать наилучший инструмент определения расстояния для этой задачи.

Зачастую, необходимо быстро и достаточно точно измерить расстояние от наблюдателя, до некоторого объекта.

В качестве инструментов для определения расстояния до объекта рассматриваются следующие технологии:

1. HC-SR04. Самое тривиальное решение задачи определения расстояния до объекта. Это ультразвуковой датчик, который использует гидролокатор для определения расстояния до объекта, как это делают летучие мыши или дельфины. Датчик состоит из передатчика, генерирующего ультразвуковые волны, приёмника, который «слушает» эхо, и обвязки для нормальной работы модуля [2].

Упрощённо, принцип работы данного датчика можно представить следующим образом. Дальномер генерирует звуковые волны на частоте 40 кГц. После того как эти волны отражаются от объекта и возвращаются на приёмник, датчик выдаёт информацию о времени, затраченном на прохождение звука от датчика до объекта и обратно.

Несмотря на то, что он работает правильно, часто его работа нестабильна, потому что он «отвлекается» на мельчайшие детали, такие как песчинки в воздухе, из-за чего возникают небольшие сбои в определении расстояния. HC-SR04 имеет ограниченный диапазон обнаружения, низкую частоту обновления и определяет расстояние только до определенной точки. Если он перемещается во время работы, датчик, скорее всего, даст неточные измерения. Это приведет к неточному результату и использование этого датчика станет менее оправданным. В больших комплексах данную технологию не эффективно использовать, так как сбоев быть не должно.

2. Инфракрасный дальномер (LIDAR – *Light Identification, Detection and Ranging*) фирмы Sharp – технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеивания в прозрачных и полупрозрачных средах. Это устройство измеряет расстояние путем вычисления временной задержки между передачей лазерного сигнала ближнего инфракрасного диапазона и его приемом после отражения от цели. Временная задержка пересчитывается в расстояние с использо-

ванием известной скорости света. Этот уникальный подход к обработке сигнала передает закодированную сигнатуру и ищет сигнатуру в ответном сигнале, что обеспечивает высокоэффективное обнаружение с безопасными для глаз уровнями мощности лазера. Принцип работы данного устройства продемонстрирован на рис. 1 [3].

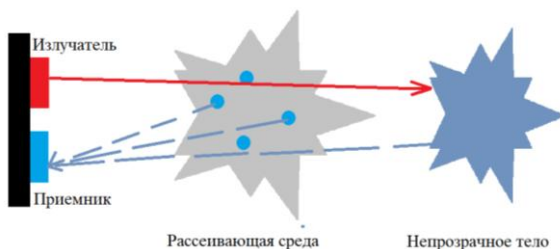


Рис. 1. Принцип действия инфракрасного дальномера

Такой дальномер часто используется в системах безопасности, на него не влияет время суток, он может измерять расстояние до объектов со сложными поверхностями, но имеет ограниченные возможности измерения.

3. Stereo Pi – это стереоскопическая камера с открытым исходным кодом на основе Raspberry Pi [4]. Он может записывать, сохранять, транслировать и обрабатывать стереоскопическое видео и изображения в реальном времени. Stereo Pi. Stereo Pi может быть подключена к двум широкоугольным камерам V1 с помощью ленточных кабелей одновременно. На изображении с одной широкоугольной камеры V1 может быть много ошибок (объект кажется больше / меньше, чем он есть на самом деле) и шумов. Эта плата устраняет такие недостатки, делая две фотографии с немного разных ракурсов, а затем комбинируя их, обрабатывая и удаляя искажения.

Помимо стереоскопических камер StereoPi в 2018 году Intel представила две новые Камеры RealSense: модели D415 и D435. Представив эти камеры, Intel стала ведущим производителем глубинных камер на рынке с точки зрения соотношения цены и качества. Эти камеры в первую очередь отличаются полем зрения (FOV), выраженным в углах обзора, и типом затвора, который регулирует экспозицию. RealSense D435 имеет более широкое поле зрения, ($\Gamma \times B \times Гл.$ – горизонтальный \times по вертикали \times глубина): $91^\circ \times 65^\circ \times 100^\circ$, что сводит к минимуму слепые, черные пятна на изображении глубины, после чего получается изображение глубины, приятное для глаз. Камера RealSenseD415 имеет более уз-

кое поле зрения, ($\Gamma \times B \times \Gamma_{\text{л}}$): $69^\circ \times 42^\circ \times 77^\circ$, что приводит к более высокой плотности пикселей, увеличивая, таким образом, разрешение изображения глубины [5].

Благодаря этому исследованию был сделан выбор наилучшей технологии для определения расстояния до объекта в робототехнических комплексах. По преимуществам и недостаткам проанализированных технологий, следует, что одним из лидирующих, в определении расстояния до объекта являются стереоскопические камеры StereoPi или StereoIntelRealSense.

Stereo Pi, благодаря своим камерам с разрешением 2592x1944 пикселей, позволяет запечатлеть множество деталей на большом расстоянии, чего не могут первые представленные технологии по определению расстояния до объекта.

Камеры IntelRealSense подходят для применения в робототехнике, в тех случаях, когда не требуется большой точности, но важно общее визуальное впечатление. Эти камеры часто используются в беспилотных летательных аппаратах и в производстве автомобилей. Кроме того, камера IntelRealSenseD435 оснащена так называемым глобальным затвором, который обеспечивает лучшую производительность при записи быстрых движений в ситуациях, когда освещение неудовлетворительное, а также уменьшает эффект размытия изображения.

Если точность является основным требованием в приложениях, например, при обнаружении объектов и препятствий в робототехнике, камера IntelRealSense D415 дает гораздо лучшие результаты, особенно когда расстояние составляет около 1 м или меньше. Камера D415 оснащена подвижным затвором, что повышает производительность этой камеры, когда при записи нет резких движений, а изображение статично.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 60.0.0.4.Роботы и робототехнические устройства, термины и определения. М.: Стандартиформ, 2019, С. 31
2. Жмудь, В.А. и др. Ультразвуковой датчик измерения расстояния. 2017. № 4(22). С. 18-26.
3. Урваев, И.Н. Навигация мобильного робота на основе методов лазерной дальнометрии // Измерения. Мониторинг. Управление. Контроль. 2021. № 1. С. 44–51.
4. Domoticz FAQ. URL: <https://domoticzfaq.ru/stereokamera-dlya-raspberry-pi> (дата обращения: 25.01.2023).
5. Смелик, А.А. операционная система роботов в составе робототехнических комплексов / А.А. Смелик, Р.С. Чванов, Н.В. Симатов // Сборник статей научно-технической конференции. Анапа, 2022. С. 75-78.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ ТЕНЗОДАТЧИК НА ОСНОВЕ РЕЗИСТИВНОЙ МАТРИЦЫ

Д.С. Кокарева, П.А. Колганов, Д.В. Скорынин

Научный руководитель – **Д.В. Скорынин**, старший преподаватель

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева

Рассматриваются технологии и устройства, направленные на решение проблемы захвата хрупких объектов и объектов сложных граней. Представлена идея поверхностного тензодатчика на основе резистивного материала и матрицы проводников.

***Ключевые слова:** хрупкий объект, датчик давления, резистивная матрица*

SURFACE LOAD CELL BASED ON A RESISTIVE MATRIX

D.S. Kokareva, P.A. Kolganov, D.V. Skorynin

Scientific Supervisor – **D.V. Skorynin**, Senior Lecturer

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

Technologies and devices aimed at solving the problem of capturing fragile objects and objects of complex faces are considered. The idea of a surface load cell based on a resistive material and a matrix of conductors is presented.

***Keywords:** fragile object, pressure sensor, resistive matrix*

В настоящее время в таких сферах как пищевая промышленность, сельское хозяйство, медицина, конвейерные производства, склады все больше используются манипуляторы для захвата объектов. Возникает необходимость оснащать манипуляторы точными сенсорами, в связи с чем возникает проблема контроля давления при захвате.

Известны способы захвата хрупких объектов или объектов сложной формы, основанные на технологии пневматического привода. Устройство, созданное исследователями из Гарвардской школы инженерии и прикладных наук имени Джона А. Полсона, похоже на щупальца осьми-

нога (рис. 1). Принцип его работы основан на полых резиновых трубках, которые могут надуваться и сдуваться. Трубка имеет высокое соотношение сторон – с одной стороны толще, чем с другой. Именно такая конструкция трубки позволяет ей скручиваться под давлением, оказываемым объектом на захват. Запутывание объекта происходит благодаря большому количеству трубок [1].

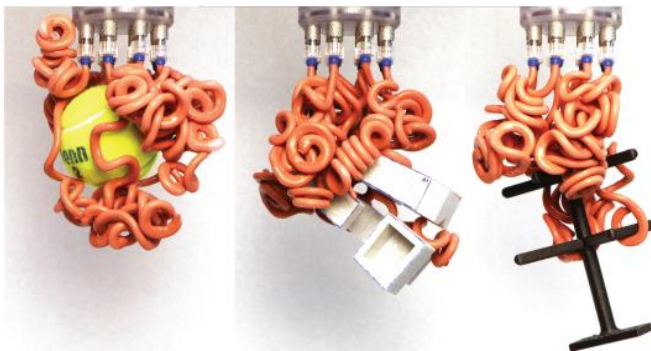


Рис. 1. Робот-щупальца

Rochusoftgripper является еще одним устройством, которое основано на принципах бионики, имитирующие щупальца осьминога, однако внешне выглядит как привычный захват манипулятора. Эти захваты также используют технологию пневматического привода, преобразующую положительное и отрицательное давление для достижения движения открывания и закрывания пальцев. Сила захвата или высвобождения регулируется давлением воздуха [2].

Творческий подход к решению проблемы захвата хрупких объектов показали инженеры Бостонского университета. Их разработка отсылает на японское искусство киригами (рис. 2). Оно включает в себя создание ряда параллельных прорезей в плоском листе бумаги, которые позволяют листу изгибаться и принимать форму захватываемого объекта. Захват состоит из параллельных дискретных лент, ограниченных непрерывными границами. Простое растягивание такого листа с заранее заданными криволинейными границами прорезей способно захватывать различные объекты. Достоинством является простота программирования параллельных разрезов [3].

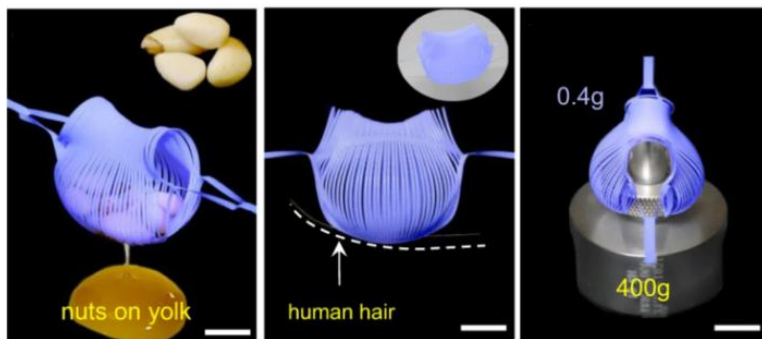


Рис. 2. Захват на основе киригами

Китайские ученые представили захват на основе термически активируемого полимера с памятью формы (рис. 3). Захват объекта происходит встраиванием предмета в блок, а отпускается объект за счет восстановления формы блока до изначальной. Изменение формы блока происходит за счет изменения температуры полимера, при этом нагретый полимер не повреждает объекты захвата.

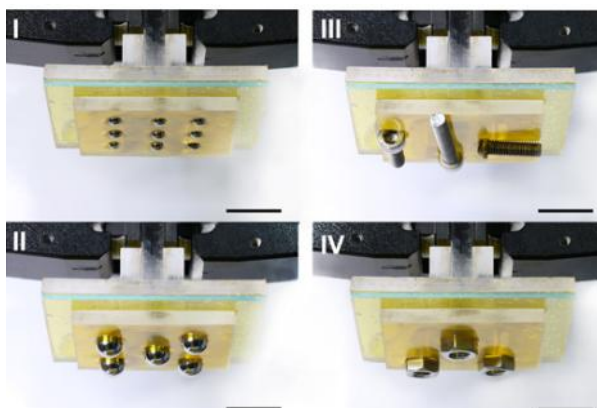


Рис. 3. Захват на основе полимера с памятью формы

Такой способ позволяет захватывать многомасштабные объекты сложной формы. Существенным недостатком является относительно длительное время отклика – обычно от 1 до 2 мин для макромасштабного захвата [4].

Швейцарские ученые из EPFL изобрели захват, принцип работы которого основан на электроадгезии. Захват разработан на основе конструкции приводов из диэлектрического эластомера, использующих геометрию электродов со взаимным притяжением, одновременно максимизирующую как электроадгезию, так и электростатическое приведение в действие. При включении напряжения электроды изгибаются в направлении предмета, который нужно поднять. Это имитирует работу большого и указательного пальцев человека [5].

На основании анализа существующих решений предлагается конструкция в виде поверхностного тензодатчика. Особенностью датчика является способность локально контролировать давление на объект во время его захвата. Датчик представляет собой резистивную матрицу, в которой определенное количество проводников расположено в плоскости X , а перпендикулярно им расположены проводники в плоскости Y . Имеется два перпендикулярных друг другу слоя проводников, между которыми размещается резистивный материал, известный также как велостат (Linqstat). При увеличении давления его сопротивления уменьшается. Матрица проводников из двух слоев и равномерно распределенный резистивный материал между ними позволяет регистрировать данные о давлении в плоскости $n \cdot m$ точек.

Данные с сенсора поступают на плату управления, которая содержит аналоговый коммутатор, АЦП и микроконтроллер (рис. 4). Микроконтроллер выполняет расчет сопротивления. Полученные данные передаются на компьютер, где в приложении отображается график механического давления, действующего на датчик. Это позволит отслеживать правильности работы датчика, а также позволит вовремя выявить износ сенсора.

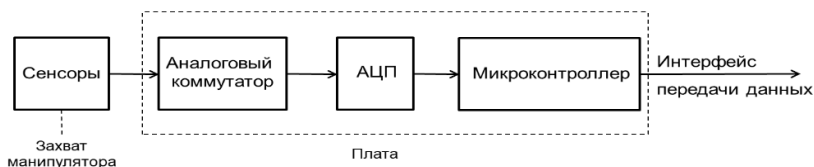


Рис. 4. Структурная схема тензодатчика

В статье рассмотрены технологии, которые предназначены для решения проблемы контроля давления при захвате хрупких объектов и объектов сложных форм. Они имеют разные принципы работы, поэтому можно сказать, что идет активный поиск решения проблемы. В статье также представлена идея поверхностного тензодатчика на основе резистивного материала и матрицы проводников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Becker, Kaitlyn*. Active entanglement enables stochastic, topological grasping / Kaitlyn Becker, Clark Teeple, Nicholas Charles, Yeonsu Jung, Daniel Baum, James C. Weaver, L. Mahadevan, Robert Wood. PNAS. URL: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2209819119>
2. ROCHUS OF TGRIPPER. UNIVERSAL ROBOTS. URL: <https://www.universal-robots.com/plus/products/rochu/rochu-soft-gripper/>
3. *Yaoye, Hong*. Boundary curvature guided programmable shape-morphing kirigami sheets / Yaoye Hong, Yinding Chi, Shuang Wu, Yanbin Li, Yong Zhu and Jie Yin. Nature Communications. URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-022-28187-x>
4. *Changhong, Linghu*. Universal SMP gripper with massive and selective capabilities for multiscaled, arbitrarily shaped objects / Changhong Linghu, Shun Zhang, Chengjun Wang, Kaixin Yu, Chenglong Li, Yinjia Zeng, Haodong Zhu, Xiahui Jin, Zhenyu You and Jizhou Song. Science Advances. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aay5120>
5. *Hillary, Sanctuary*. Robotic Fingers with a Gentle Touch. EPFLnews. URL: <https://actu.epfl.ch/news/robotic-fingers-with-a-gentle-touch/>

ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

И.И. Приходько, Ю.В. Васильков

Научный руководитель – **Ю.В. Васильков**,
д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются составные этапы планирования производственных процессов. Детально рассматриваются различные аспекты управления различными видами деятельности и контроль производственных процессов. Все перечисленные этапы обеспечивают необходимое качество продукции.

***Ключевые слова:** организация, планирование, координация, контроль, управление*

ORGANIZATION OF MANAGEMENT OF PRODUCTION ACTIVITIES OF THE ENTERPRISE

I.I. Prikhodko, Yu.V. Vasilkov

Scientific Supervisor – **Yu.V. Vasilkov**,
Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

The composite stages of production process planning are considered. Various aspects of management of various types of activities and control of production processes are considered in detail. All the numerical stages ensure the necessary product quality.

***Keywords:** organization, planning, coordination, control, management*

Управление производственной деятельностью предприятия является одной из важнейших функций управления. Его задачи включают в себя планирование, координацию и контроль всех процессов, связанных с производством товаров или услуг. Организация управления производст-

венной деятельностью предприятия включает в себя ряд важных аспектов, которые необходимо учитывать при ее осуществлении.

Одним из главных аспектов организации управления производственной деятельностью предприятия является, планирование производственных процессов. Планирование производственных процессов на предприятии включает в себя комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию производственных процессов, повышение эффективности и контроль их выполнения [1].

Планирование производственных процессов на предприятии состоит из следующих этапов:

1) определение потребностей в производственных ресурсах: на этом этапе определяются необходимые материалы, комплектующие, оборудование и трудовые ресурсы для производства продукции или услуг.

2) разработка производственного плана: на основе потребностей в ресурсах разрабатывается производственный план, который включает в себя график производства продукции, план закупки материалов и комплектующих, а также план найма и использования трудовых ресурсов.

3) разработка графика производства. На этом этапе определяется конкретный порядок выполнения производственных операций в рамках производственного плана. График производства учитывает доступность ресурсов и оборудования, а также сроки выполнения заказов и доставки готовой продукции.

4) оценка эффективности производства. На этом этапе анализируются результаты производства. Это может включать анализ затрат, качества продукции, сроков выполнения заказов и т.д.

Координация производственных процессов является еще одним важным аспектом управления производственной деятельностью предприятия. Она включает в себя согласование работы всех служб и отделов, связанных с производством товаров или услуг. Координация производственных процессов должна осуществляться на всех уровнях управления, начиная с руководства предприятия [2]. Координация включает в себя следующие этапы:

1) управление запасами. Этот этап включает в себя управление и распределение запасов сырья, комплектующих и готовой продукции на складах, между отделами производства. Кроме того, управление запасами также включает в себя планирование и закупку материалов и комплектующих, чтобы обеспечить бесперебойную работу производства.

2) управление производственными процессами. Этот этап включает в себя управление процессами производства, чтобы гарантировать, что все процессы выполняются в соответствии с установленными стандартами качества и безопасности.

3) управление персоналом. Этот этап включает в себя найм, обучение, мотивацию и управление производственными работниками, чтобы обеспечить максимальную производительность и эффективность производства.

4) управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования. Этот этап включает в себя контроль за состоянием оборудования, его техническим обслуживанием и ремонтом, чтобы обеспечить бесперебойную работу производства.

5) управление логистикой. Этот этап включает в себя планирование и координацию поставок готовой продукции и полуфабрикатов, а также управление складами и транспортными средствами для обеспечения своевременной и эффективной доставки продукции до конечных потребителей. Эти мероприятия помогают обеспечить эффективную работу предприятия и достижение его целей в производстве товаров и услуг.

Контроль производственных процессов - это еще одна важная функция управления производственной деятельностью предприятия. Она включает в себя оценку результатов производства и сравнение их с планами и целями предприятия. Контроль должен обеспечить эффективность производственных процессов и возможность оперативно реагировать на любые отклонения [2].

Контроль производственных процессов включает в себя множество действий, которые необходимы для обеспечения эффективной работы на предприятии. Вот некоторые из них:

1) контроль сырья и материалов: на этом этапе осуществляется оценка качества поставляемых материалов и сырья на соответствие установленным требованиям.

2) производственный контроль: на этом этапе осуществляется оценка качества продукции в процессе ее изготовления. Этот этап включает в себя контроль технологических параметров, проверку соответствия продукции требованиям технических регламентов, а также контроль за соблюдением санитарных норм и правил.

3) контроль качества готовой продукции: на этом этапе осуществляется проверка качества готовой продукции на соответствие установленным стандартам.

4) лабораторный контроль: на этом этапе проводятся исследования продукции для определения ее качественных характеристик.

5) упаковка и маркировка: на этом этапе осуществляется контроль за правильностью упаковки продукции и ее маркировкой.

6) мониторинг энергопотребления: включает в себя контроль энергопотребления на предприятии и принятие мер для его сокращения.

7) мониторинг параметров производства: включает в себя контроль температуры, давления и других параметров, которые влияют на качество и эффективность производства.

8) хранение и транспортировка: на этом этапе осуществляется контроль условий хранения и транспортировки продукции, чтобы избежать ее повреждения и сохранить качество.

Контроль продукции на предприятии важен для удовлетворения клиентов качеством продукции. Он также помогает предотвратить производственные браки и снижение производительности.

Так же для успешной организации управления производственной деятельностью предприятия необходимо использовать современные инструменты управления, такие как ERP-системы (Enterprise Resource Planning) [1], которые позволяют автоматизировать многие производственные процессы и улучшать координацию работы всех служб и отделов. Также важно обеспечить квалифицированный персонал, который сможет эффективно управлять производственными процессами и быстро реагировать на изменения внешней среды.

Таким образом, организация управления производственной деятельностью предприятия является ключевым аспектом успешной работы предприятия. Она позволяет повысить эффективность работы предприятия, снизить затраты на производство, улучшить качество продукции и т.д. Для успешной организации управления производственной деятельностью необходимо провести анализ производственных процессов, определить цели и задачи, организовать управленческую структуру, обеспечить необходимую компетенцию персонала и внедрить информационные системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кориунова, Л.А.* Управление и организация производства: учебное пособие / Л.А. Кориунова, Н.Г. Кузьмина. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 193 с.
2. *Качество управления* / Под науч. ред. проф. Ю.В. Василькова. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2017. 368 с.

СТРАТЕГИЯ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ РАЗОМКНУТОЙ ЦЕПИ СИЛОВОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В.С. Соболев, А.Е. Савенко

Научный руководитель – **А.Е. Савенко**, канд. техн. наук, доцент

Керченский государственный морской технологический университет

Рассмотрена стратегия диагностики неисправностей прерывистой разомкнутой цепи силового выключателя на основе нечеткой логики. Это состояние между нормальным и полным статусом неисправности, которое не может быть рассчитано обычными методами.

Ключевые слова: *Нечеткая логика, силовой выключатель, диагностика, разомкнутая цепь*

STRATEGY FOR FAULT DIAGNOSTICS OF OPEN CIRCUIT OF POWER SWITCH BASED ON FUZZY LOGIC

A.E. Savenko, V.S. Sobolev

Scientific Supervisor – **A. E. Savenko**,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kerch State Maritime Technological University

This article discusses a strategy for diagnosing faults in an intermittent open circuit of a power switch based on fuzzy logic. This is a state between normal and full fault status, which cannot be calculated by conventional methods.

Keywords: *Fuzzy logic, power switch, diagnostics, open circuit*

В современном мире электроприводы получили широкое распространение, поскольку используются в широком спектре отраслей и являются более надежными, производительными, чем их традиционные аналоги. Для каждого электропривода должна быть предусмотрена защита в виде устройства, которое могло бы обесточить его в случае какой-либо неисправности.

Чаще всего в роли таких устройств выступают силовые выключатели. Это устройства для включения и отключения питания, которые могут срабатывать, как автоматически, так и при механическом воздействии. Неисправности таких выключателей делятся на короткое замыкание (КЗ) и разомкнутую цепь (РЦ). В отличие от неисправности КЗ, РЦ не может быть обнаружена немедленно, в таком случае привод будет продолжать работу, что чревато негативными последствиями. Однако это можно устранить вовремя, используя метод диагностики на основе нечеткой логики.

Процесс реализации диагностики неисправностей РЦ силового выключателя питания анализируется по токам фаз АВС.

Средние токи нормализации двигателя (i_{nN}) могут быть определены как:

$$\langle i_{nN} \rangle = f_{DWPM} \int_0^{f_{DWPM}} i_{nN} dt \quad (1)$$

где f_{DWPM} —частота тока фазы двигателя, i_{nN} — нормализация фазных токов в соответствии с преобразованием Парка [1], n представляет собой фазу А, В или С двигателя.

Нормализация средних токов (i_{nN}) имеет несколько возможных состояний: неисправность-штатная работа, либо когда в нормальном состоянии или РЦ возникает неисправность в обмотках.

Рассматривая фазный ток в состоянии неисправности одиночного полупроводникового ключа (IGBT) РЦ как полуволновой сигнал, ожидаемое значение α состояния неисправности одиночного IGBT РЦ рассчитывается соответствующим образом.

Расчет проводится следующим образом.

$$\alpha = \langle i_{nN-fault} \rangle = f_{DWPM} \int_0^{f_{DWPM}} i_{nN-fault} dt = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{2}{3}} \approx 0,2599,$$

где $\langle i_{nN-fault} \rangle$ – фазный ток в состоянии неисправности IGBT в состоянии РЦ.

Когда система работает с положениями выключателя Вкл, возникает ситуация отказа РЦ, то $\langle i_{nN} \rangle$ равно α . Когда система работает с положениями выключателя Выкл, то в ситуации неисправности РЦ равна $-\alpha$. Когда система работает в условиях прерывистой неисправности РЦ переключателя питания, $\langle i_{nN} \rangle$ находится в диапазоне от 0 до α или от 0 до $-\alpha$.

Из-за ошибки выборки тока, скачков тока и других внешних факторов, реальное значение $\langle i_{nN} \rangle$ в условиях отказа обмотки КЗ или в нормальном состоянии не равно 0. Между тем, короткое замыкание в фазе

также приведет к искажению нормальных фазных токов и заставит их колебаться в большом диапазоне. Таким образом, представлена нормирующая переменная диагностики средней текущей неисправности I_n , которая может быть задана как

$$I_n = \langle i_{nN} \rangle / I_0. \quad (2)$$

С целью соответствия различным ситуациям нагрузки и предотвращения ошибочных аварийных сигналов I_0 присваивается постоянное значение в соответствии с реальностью. На основе нормированных переменных диагностики неисправности среднего тока I_n , в соответствии со стандартом оценки среднего тока, с учетом погрешности и искажения, сигнал диагностики неисправности среднего тока нормализации выражается как

$$M_n = \begin{cases} H_M & I_n > 2 \\ IH_M & 0,2 < I_n \leq 2 \\ N_M & 2 < I_n \leq 2 \\ IL_M & -2 < I_n \leq -0,2 \\ L_M & I_n \leq -2 \end{cases}. \quad (3)$$

M_n равно H_M при возникновении неисправности РЦ ключа питания в состоянии Выкл, M_n равно N_M при возникновении неисправности обмотки, когда происходит отказ ключа питания в Выкл РЦ, M_n равно N_M , когда возникает отказ РЦ обмотки или возникает прерывистый отказ РЦ, или в нормальной ситуации M_n равняется L_M , когда происходит отказ ключа питания в положении Вкл РЦ. IH_M и IL_M соответствуют перемежающейся неисправности РЦ в положениях Вкл и Выкл силовых выключателей соответственно. В соответствии с нормированными фазными токами в N среднее абсолютное значение нормированных токов $\langle i_{nN} \rangle$ может быть задано как

$$\langle i_{nN} \rangle = f_{DWPMM} \frac{1}{f_0^{f_{DWPMM}}} i_{nN} dt. \quad (4)$$

Рассматривая фазный ток в нормальном состоянии как стандартный синусоидальный сигнал, когда предлагаемая система работает в нормальном режиме, среднее абсолютное значение тока нормализации двигателя γ будет следующим

$$\gamma = \langle i_{nN-normal} \rangle = f_{DWPMM} \frac{1}{f_0^{f_{DWPMM}}} |i_{nN-normal}| dt = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{8}{3}} \approx 0.5198,$$

где $\langle i_{nN-normal} \rangle$ является фазным током нормального состояния.

На основе $\langle i_{nN} \rangle$ и его максимума и минимума, нормализация среднего абсолютного значения текущей переменной диагностики неисправностей d_n выражается как

$$d_n = \frac{\langle i_{nN} \rangle - m}{M - m}, \quad (5)$$

где m – минимум $\langle i_{nN} \rangle$, а M — максимум $\langle i_{nN} \rangle$. Значение M равно γ , а значение m равно 0.

Когда система работает в нормальном состоянии, d_n равно 1. Когда система работает в состоянии неисправности РЦ переключателя питания, d_n равно 0,5. Если система работает в состоянии неисправности обмотки РЦ, d_n равно 0. В случае система работает в состоянии прерывистой неисправности РЦ, d_n находится в диапазоне от 1 до 0,5. Среднее абсолютное значение тока с учетом погрешности и искажения, нормализованное среднее абсолютное значение текущего сигнала диагностики неисправности выражается как:

$$D_n = \begin{cases} N_D & d_n > 0,85 \\ I_D & 0,75 < d_n \leq 0,85 \\ H_D & 0,4 < d_n \leq 0,75 \\ L_D & d_n \leq 0,3 \end{cases} \quad (6)$$

Когда предлагаемая система работает в нормальных условиях, D_n равно N_D . Если система работает в ситуации неисправности IGBT РЦ, D_n равно H_D . При возникновении КЗ обмотки по РЦ D_n равно L_D . При КЗ по РЦ D_n равно I_D . В соответствии с переменными признака неисправности M_n и D_n . Согласно [1] комбинация M_n и D_n может точно идентифицировать типы и места неисправности РЦ в различных условиях.

В статье рассмотрен новый способ диагностики неисправностей прерывистой разомкнутой цепи силового выключателя на основе нечеткой логики. Показан принцип действия данного метода, а также рассмотрены его преимущества перед существующими методами поиска неисправностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ван, Квейн. Стратегия диагностики неисправностей разомкнутой цепи силового выключателя для новой отказоустойчивой системы электропривода на основе нечеткой логики / Квейн Ван, Сюэфэн Цзян, Сиюань Ван // Международная конференция по электротехнике и зеленой энергетике, CEEGE 2022. № 5 С. 914-921.
2. Авдеев, Б.А. Комплексные решения интеграции постоянного и переменного токов в адаптивных интеллектуальных распределительных сетях с помощью твердотельного трансформатора // Энергобезопасность и энергосбережение. 2022. № 3. С. 15–20.
3. Царева, П.Е. Моделирование работы трехфазного твердотельного трансформатора при изменении нагрузки / П.Е. Царева, Б.А. Авдеев, Н.Н. Марковкина, И.Р. Епифанцев, А.А. Жиленков // Электротехника. 2022. № 6. С. 61-64.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

**А.В. Тарасов, Е.В. Сидоровский, И.О. Воробьев,
Д.В. Скорынин**

Научный руководитель – **Д.В. Скорынин**, старший преподаватель

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева

Рассматривается возможность перемещения металлического объекта по координатному столу с помощью расположенных под ним магнитов, создающих магнитное поле.

***Ключевые слова:** перемещение, магнит, магнитное поле, координаты, металлический объект, магнитный стол*

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF MOVING AN OBJECT USING A MAGNETIC FIELD

A.V. Tarasov, E.V. Sidorovskiy, I.O. Vorobyev, D.V. Skorynin

Scientific supervisor – **D.V. Skorynin**, Senior Lecturer

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

The possibility of moving a metal object along a coordinate table with the help of magnets located under it, creating a magnetic field, is considered.

***Keywords:** displacement, magnet, magnetic field, coordinates, metal object, magnetic table*

Для передвижения металлического объекта не всегда можно использовать физическую силу человека или робота. Однако не стоит недооценивать силу магнитов и создаваемого ими магнитного поля.

Само же движение объекта создается за счет протекания тока в электромагнитах, которые создают нужное нам магнитное поле. Сила, которая создается в данном поле, очень высока и способна с легкостью сдвигать нужные объекты на нужные расстояния.

Для реализации этого необходима специальная конструкция, именуемая магнитным столом. Она представляет из себя плоскую поверхность, под которой расположено специальное поле, состоящее из нескольких магнитов, их количество зависит от размеров стола. Данные магниты, установленные в виде матрицы и включаясь попарно, образуют мощное магнитное поле на поверхности стола.

В нашей схеме магниты расположены под столом по схеме 3 на 3. Они представляют собой электромагниты и включаются попарно. Зависимость включения определенных магнитов в паре зависит от того, в каком направлении протекает ток в этих магнитах.

Однако существует ряд условий, необходимых для правильной работы устройства:

1. Передвигаемый объект должен быть металлическим;
2. Объект не должен перекрывать (частично или полностью) сердечники электромагнитов;
3. Движение объекта может осуществляться только в зазоре между полюсами;
4. Объект, относительно стола, должен быть небольшим.

На рис. 1 показано неправильное расположение передвигаемого объекта. Такие координаты могут получиться в следствии неправильной установки объекта на стол, либо в следствии поломки устройства.

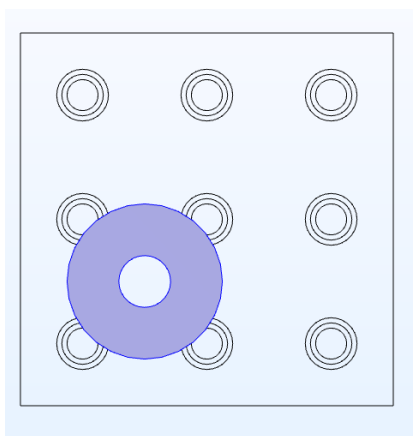


Рис. 1. Неверное расположение объекта на магнитном столе

Для автоматического управления такой структурой можно использовать микроконтроллер. Схема управления представлена на рис. 2.

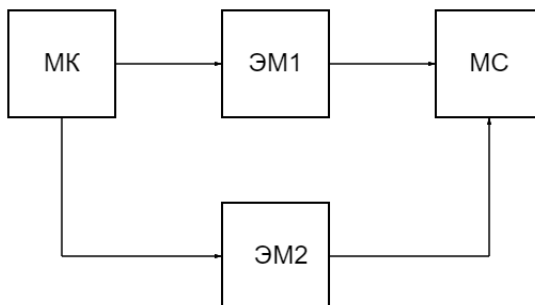


Рис. 2. Функциональная схема управления:

МК – микроконтроллер

ЭМ1, ЭМ2 – электромагниты

МС – магнитный стол

Предлагается использовать данную конструкцию для быстрого и точного перемещения объекта по координатам, которые задаются пользователем в программе микроконтроллера.

Примером использования может быть автоматизация игры в шахматы путем передвижения игровых фигур с помощью магнитного поля, расположенного под доской.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сливинская, А.Г.* Электромагниты и постоянные магниты: учеб. пособие для вузов по специальности "Электрические машины и аппараты". М.: Энергия, 1972. 248 с.
2. *Казаков, Л.А.* Электромагнитные устройства РЭА: Справочник. М.: Радио и связь, 1991. 351с.
3. *Травин, Г.А.* Электромагнитные поля и волны: учебное пособие / Г.А. Травин, Ю.Е. Поленова. Белгород : Изд-во БелГУ, 2007. 116с.

ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛИЙ В ДАННЫХ ОБ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИИ КОРПУСОВ ЯГТУ

Л.И. Тихомиров, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**,
канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены различные методы определения выбросов в данных, которые могут применяться для выявления одиночных аномалий в данных об энергопотреблении. Полученные результаты могут использоваться как энергопотребителями, так и энергоснабжающими организациями для повышения качества и надежности энергоснабжения.

***Ключевые слова:** энергопотребление, профиль энергопотребления, обнаружение аномалий, выбросы в данных, машинное обучение*

ANOMALY DETECTION IN THE ENERGY CONSUMPTION DATA OF YSTU BUILDINGS

L.I. Tihomirov, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**,
Candidate of Technical sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper describes various methods for determining outliers in the data, which can be used to analyze point anomalies in energy consumption data. The results obtained can be used by both energy consumers and energy supply organizations to improve the quality and reliability of energy supply.

***Keywords:** energy consumption, energy consumption profile, anomaly detection, data outliers, machine learning*

Ранее авторами был предложен способ построения типового суточного профиля энергопотребления (ТСПЭ) для конкретного энергопотребителя и календарного времени года [1]. Данные об энергопотреблении, сильно отклоняющиеся от ТЭПЭ, считаются аномалиями. Появление

ние аномалий может быть связано с кражами электроэнергии из-за незаконных подключений к электросети, негативным воздействием на счетчики электроэнергии, использованием энергоресурсов предприятий или организаций в личных целях и другими факторами.

Все аномалии данных можно разделить на три группы [2]:

- Одиночные (точечные) аномалии(выбросы) данных. Это одиночные данные, которые резко отличаются от других данных и выходят за допустимые пределы.

- Контекстные аномалии. Контекстные аномалии могут быть охарактеризованы как последовательности данных, которые резко отличаются от других данных в том же контексте, но находятся в допустимых пределах.

- Коллективные аномалии. Коллективные аномалии могут быть охарактеризованы как последовательности данных, имеющих похожий характер, но которые выходят за допустимые пределы.

В работе [1] для выявления одиночных аномальных данных использовался известный алгоритм кластеризации DBSCAN. Данный алгоритм имеет параметр ϵ . Авторами был предложен способ для определения эффективного значения параметра ϵ алгоритма DBSCAN с использованием метода К-ближайших соседей. На рис. 1 показан график отклонений энергопотребления относительно ТСПЭ для здания общежития № 3 ЯГТУ в ноябре 2020 года.

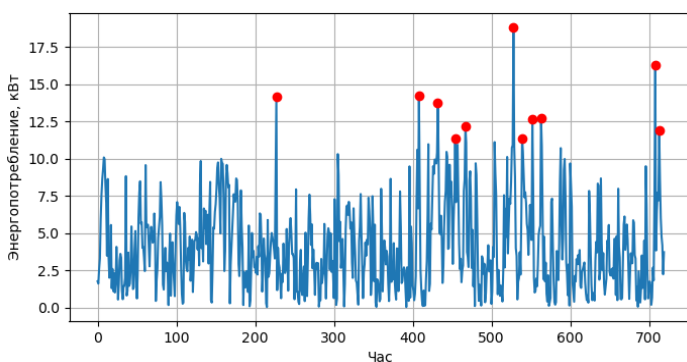


Рис. 1. График отклонений энергопотребления с отмеченными аномалиями

Большими красными точками на графике отмечены значения, которые были классифицированы как одиночные аномалии. Для этих точек было получено множество $H_{1_20} = \{227, 408, 432, 467, 528, 552, 563, 708, 713\}$ значений часов в пределах месяца. Аналогичным способом для того

же здания, но для ноября 2021 года было получено множество $H_{1_21} = \{109, 117, 118, 360, 384, 444, 564, 576, 600, 611, 696, 708, 713\}$.

В данной работе авторы представляют еще три метода, которые часто используются для определения выбросов в данных и которые могут использоваться для выявления одиночных аномалий. Алгоритм Isolation Forest представляет собой алгоритм обнаружения выбросов на основе бинарных деревьев. Он работает таким образом, чтобы изолировать выбросы, которые немногочисленны и различаются по пространству признаков от нормальных данных. Isolation Forest может применяться в тех случаях, когда выбросы составляют меньшинство из общего количества экземпляров данных или, когда выбросы имеют значения атрибутов, которые сильно отличаются от значений атрибутов нормальных экземпляров данных.

Isolation Forest имеет параметр contamination (загрязнение), который используется для ограничения количества найденных выбросов в наборе данных. Значение параметра находится в диапазоне от 0,0 до 0,5 и по умолчанию равно 0,1. Авторы предлагают задавать значение параметра contamination равным 0,015. В этом случае, для аномалий, выявленных Isolation Forest в ноябре 2020 года, было получено множество $H_{2_20} = \{227, 408, 432, 454, 467, 528, 552, 563, 708, 713\}$ значений часов в пределах месяца, которое отличается от множества H_{1_20} только одним значением. Для аномалий, выявленных в ноябре 2021 года, было получено множество $H_{2_21} = \{95, 336, 372, 384, 528, 564, 576, 587, 600, 611, 708\}$. Множества H_{1_21} и H_{2_21} отличаются друг от друга, но включают 6 общих точек $H_{1_21} \cap H_{2_21} = \{384, 564, 576, 600, 611, 708\}$.

Следующий алгоритм – Minimum Covariance Determinant (MCD) – применяется, если входные данные подчиняется нормальному закону распределения или закону, близкому к нормальному. Этот подход позволяет определить гипертферу (эллипсоид), которая покрывает нормальные данные, а данные, выходящие за пределы этой гипертферы, считаются выбросами (аномалиями). При этом MCD выбирает наиболее плотно распределенное подмножество нормальных данных.

Алгоритм MCD также имеет параметр contamination. При значении параметра contamination равным 0,015, для аномалий, выявленных алгоритмом MCD в ноябре 2020 года, было получено множество значений часов в пределах месяца, совпадающее со значениями из множества H_{2_20} . Следовательно, в этом случае алгоритмы Isolation Forest и MCD показывают одинаковые результаты. Для аномалий, выявленных в ноябре 2021 года, было получено множество $H_{3_21} = \{95, 119, 351, 372, 564, 569, 576, 587, 600, 611, 708\}$. Множества H_{1_21} и H_{3_21} включают 5 общих точек $H_{1_21} \cap H_{3_21} = \{564, 576, 600, 611, 708\}$. Множества H_{2_21} и H_{3_21} включают 8 общих точек $H_{2_21} \cap H_{3_21} = \{95, 372, 564, 576, 587, 600, 611, 708\}$.

Еще один простой подход к выявлению выбросов – LocalOutlierFactor (LOF) – использует идею метода К-ближайших соседей для обнаружения выбросов. LOF основан на понятии локальной плотности, которое определяется k ближайшими соседями, расстояние до которых используется для оценки плотности. Сравнивая локальную плотность объекта с локальными плотностями его соседей, можно идентифицировать точки, которые имеют значительно меньшую плотность ($LOF \gg 1$), чем их соседи. Они считаются выбросами.

Алгоритм LOF также, как и предыдущие два алгоритма имеет параметр contamination. При значении параметра contamination равным 0,015, для аномалий, выявленных алгоритмом LOF в ноябре 2020 года, было получено множество значений часов в пределах месяца, совпадающее со значениями из множества $H_{2,20}$. Следовательно, в этом случае алгоритм LOF показывают такие же результаты как алгоритмы Isolation Forest и MCD. Для аномалий, выявленных в ноябре 2021 года, было получено множество $H_{4,21} = \{84, 167, 343, 363, 372, 564, 576, 587, 600, 611, 708\}$. Множества $H_{1,21}$ и $H_{4,21}$ включают 5 общих точек $H_{1,21} \cap H_{4,21} = \{564, 576, 600, 611, 708\}$. Множества $H_{2,21}$ и $H_{4,21}$ включают 7 общих точек $H_{2,21} \cap H_{4,21} = \{372, 564, 576, 587, 600, 611, 708\}$. Множества $H_{3,21}$ и $H_{4,21}$ включают 7 общих точек $H_{3,21} \cap H_{4,21} = \{372, 564, 576, 587, 600, 611, 708\}$.

Анализируя полученные данные, можно заключить, что описанные в работе методы определения выбросов дают схожие результаты и могут использоваться по отдельности или совместно для анализа аномалий. При этом совместное использование методов дает возможность выявить как точки, которые можно уверенно отнести к аномалиям (точки, которые выделяют все алгоритмы), так и точки, которые могут быть кандидатами в аномалии (точки, которые выделяют только отдельные алгоритмы). К основным результатам работы следует отнести то, что авторами были определены значения параметров алгоритмов, которые следует использовать при анализе аномалий в данных об энергопотреблении.

Таким образом, в работе описаны различные методы определения выбросов в данных, которые могут применяться для выявления одиночных аномалий в данных об энергопотреблении. Полученные результаты могут использоваться как энергопотребителями, так и энергоснабжающими организациями для повышения качества и надежности энергоснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Марьясин, О.Ю.* Обнаружение аномальных отклонений от типового профиля энергопотребления / О.Ю. Марьясин, А.И. Лукашов, Л.И. Тихомиров // Математические методы в технике и технологиях, № 8, 2022. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2021. С. 108-113.
2. *Lindemann, B.* A survey on anomaly detection for technical systems using LSTM networks / B. Lindemann, B. Maschler, N. Sahlab, M. Weyrich // Computers in Industry. 2021. Vol. 131. P. 1-11.

**СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ СВЯЗИ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ (АСУ ТП)
ОТ КИБЕРАТАК**

**Е.Н. Чернякович, С.С. Аникеев, Р.И. Гафтұлхатов,
Н.Г. Макаренко**

Научный руководитель – **Н.Г. Макаренко**,
канд. техн. наук, ст. научный сотрудник

Военный инновационный технополис «ЭРА»

Рассмотрены основные способы защиты линий связи автоматизированной системы управления технологическим процессом от кибератак.

***Ключевые слова:** автоматизированная система управления технологическим процессом; киберугроза и кибератака; линий связи; программный комплекс*

**PROTECTION SYSTEM OF COMMUNICATION LINES
OF AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEM (APCS)
FROM CYBER ATTACKS**

**E.N. Chernyakovich, S.S. Anikeev, R.I. Gaftulkhatov,
N.G. Makarenko**

Scientific Supervisor – **N.G. Makarenko**,
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Military Innovative Technopolis «ERA»

The main methods of protecting communication lines of an automated process control system from cyber attacks are considered.

***Keywords:** automated process control system; cyber threat and cyber attack; communication lines; software package*

На сегодняшний день безопасность автоматизированных систем стоит на первом месте, так как современная тенденция применения АСУ ТП на предприятиях требует подключения к глобальной сети Интернет.

Существуют наиболее распространенные представители киберугроз, яркими представителями которых являются Stuxnet, Flame и т. д.

Игнорирование вопросов, связанных с кибербезопасностью линий АСУ ТП может привести к массовым нападением хакеров на сектор промышленных объектов, что приведет к массовым убыткам крупных компаний и как следствие увеличение безработицы и падение ВВП целых государств. Так только в 2020 году было обнаружено на 25% больше уязвимостей по сравнению с 2019 годом.

Самой масштабной атакой года эксперты признают атаку на SolarWinds американскую компанию, разрабатывающую программное обеспечение для мониторинга, анализа и управления ИТ-инфраструктурными сервисами, как локальными, так и облачными.

Также неоднократно за 2020 год хакерским атакам подвергались системы водоснабжения Израиля. Были атакованы системы управления и контроля водоочистными сооружениями, насосными станциями и канализацией. Данная атака показала, что система управления водным хозяйством открыта и уязвима, а также не воспринималась как объект киберрисков.

Подобный случай произошел 5 февраля в Олдсмаре хакер, воспользовавшись установленной программой удалённого доступа TeamViewer, получил доступ к системе очистки воды и попытался отравить целый город.

Уязвимость АСУ ТП перед кибератаками выражена в следующем:

- использование не обновленных средств защиты от кибератак;
- применение нелегальных систем безопасности АСУ ТП;
- сложная архитектура АСУ ТП на каждом ее уровне, без возможности подключения дополнительных устройств;
- отдаленность системы управления от исполнительных устройств;
- использование распределенных сетей АСУ ТП, приводящая к специфическим уязвимостям АСУ ТП от общесистемных угроз.

В связи с возрастающей угрозой возникает необходимость реализации негативных воздействий на информацию для проверки работоспособности применяемой антивирусной защиты, при этом угроза может использовать как одну, так и несколько уязвимостей. По результатам такой проверки можно судить о безопасности данной линии АСУ ТП и системы безопасности в целом.

Под источником информационной безопасности принято понимать исполнителя угрозы в плане ее негативного воздействия на информацию в целом.

Существует большое количество методов оценки воздействия угроз информационной безопасности, но применяется малая часть для нарушения работы АСУ ТП.

Перечень источников угроз информационной безопасности АСУ ТП приведен в таблице 1.

Таблица 1. Источники киберугроз АСУ ТП

Источник киберугроз АСУ ТП	Наименование источника угроз информационной безопасности
Внутренние антропогенные угрозы	Вспомогательный, инженерно-технический персонал
	Руководители (отделов, лабораторий и т.д.)
	Администраторы ответственные за обеспечение информационной безопасностью
	Разработчики компонентов АСУ ТП
Внешние антропогенные угрозы	Посетители (клиенты, партнеры, подрядчики)
	Обслуживающие организации
	Уволенные сотрудники
	Внешние злоумышленники (конкуренты, криминал)
Внутренние техногенные угрозы	Качественная недостаточность компонентов АСУ ТП (аппаратные средства, программные средства, и т.д.)
Внешние техногенные угрозы	Внешний техногенный источник угроз (энергетические сети инженерные сети, средства связи)
Стихийные угрозы	Стихийный источник угроз (наводнение, землетрясение, климатические явления)

Для оценки уязвимостей АСУ ТП возможно применение комплексного подхода на основе совмещения следующих методов:

1. Сбор информации и анализ существующей документации.

Для основательной оценки уязвимости от атак на объекты промышленности, необходимо, ознакомиться с документацией и провести анализ объектов защиты. Если в АСУ ТП входят несколько объектов защиты, то при выборе критериев защищенности учитывают такие факторы, как:

- масштаб возможного ущерба от нарушения штатного режима функционирования АСУ ТП;

- возможный ущерб от кибератаки на объект инфраструктуры;

- прямые и косвенные потери от простоя объекта.

Полученные критерии позволяют выявить наиболее уязвимые объекты защиты среди всех производственных инфраструктур.

2. Использование специализированного программного обеспечения.

Сканер SCADA-аудитор – программный комплекс для анализа защищенности АСУ ТП. В дополнение к стандартным средствам анализа уязвимостей программного обеспечения сканер использует специализированную базу данных киберугроз.

Сканер-ВС – программный комплекс, предназначенный для поиска уязвимостей сетей, исследования их топологии, инвентаризации сетевых сервисов, сетевого и локального аудита паролей, поиска остаточной информации и анализа сетевого трафика.

XSpider– программное средство сетевого аудита, предназначенное для поиска уязвимостей в различных сетевых операционных системах и аппаратных устройствах.

Из вышесказанного, для решения проблем с уязвимостью АСУ ТП на первом этапе необходимо осуществить сбор и анализ информации об объектах защиты и возможных угрозах, на втором этапе необходимо внедрить программное обеспечение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность АСУ ТП. - ООО ИП «АСКУ», 2016. URL: http://www.asku.ru/services/sec_services/sec_industry/ (дата обращения 03.03.2023).
2. *Абдулин, А.А.* Методы оценки уязвимостей автоматизированных систем управления технологическими процессами / А.А. Абдулин, А.Н. Соколов // Безопасность информационного пространства. Сборник трудов XVII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Челябинск. 2018. Т.1. С.4-9.
3. Сканер «SCADA-аудитор». Официальный сайт ЗАО «НТЦ Станкоинформзащита». URL: <https://ntcsiz.ru/product/view/?id=4> (дата обращения 03.03.2023).
4. Сравнение сканеров безопасности .Официальный сайт Positive Technologies. URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/comparison-of-security-scanners/> (дата обращения 03.03.2023).
5. Обзор инцидентов с АСУ ТП за 2020 // Электронный журнал INFOWATCH. URL: <http://infowatch.com>(дата обращения 9.03.2023).

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА

Р.Е. Шабров, О.Ю. Марьясин

Научный руководитель – **О.Ю. Марьясин**,
канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена задача краткосрочного прогнозирования напряжения на клеммах литий-ионного аккумулятора. Для решения задачи прогнозирования авторы использовали сеть долгой краткосрочной памяти. Полученные результаты позволяют определить оставшееся время до подзарядки аккумулятора.

***Ключевые слова:** литий-ионный аккумулятор, состояние заряда прогнозирования, искусственная нейронная сеть, LSTM*

VOLTAGE FORECASTING OF A LITHIUM-ION BATTERY

R.E. Shabrov, O.Yu. Maryasin

Scientific Supervisor – **O.Yu. Maryasin**,
Candidate of Technical sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article describes the task of short-term prediction of the terminal voltage of the lithium-ion battery. To solve the forecasting problem, the authors used the long short term memory network. The results obtained help determine the remaining time until the battery is exhausted.

***Keywords:** lithium-ion battery, charge state, forecasting, artificial neural network, LSTM*

Литий-ионные аккумуляторы в настоящее время широко используются в качестве источников питания для различных мобильных устройств, электромобилей, источников бесперебойного питания, а также в качестве накопителей для возобновляемых источников энергии (солнечных батарей, ветрогенераторов). Одним из основных показателей работы

аккумулятора является состояние заряда (State of charge – SOC). SOC измеряется в процентах и характеризует степень заряженности батареи.

Значение SOC определяется по формуле

$$SOC = \frac{Q}{Q_n} \cdot 100\%,$$

где Q – текущая емкость батареи, Q_n – номинальная емкость батареи.

Схема замещения для модели аккумулятора второго порядка показана на рис. 1 [1]. Схема включает последовательное соединение внутреннего сопротивления R_0 и двух RC-цепочек.

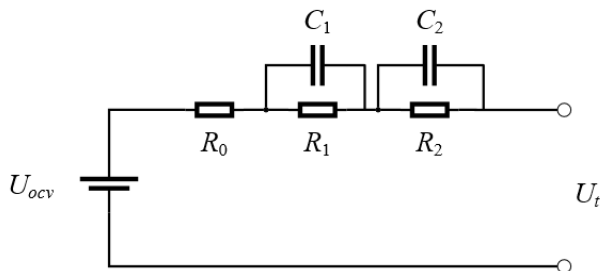


Рис. 1. Схема замещения для модели аккумулятора

Ток, протекающий в цепи аккумулятора, равен

$$i_t = C_1 \frac{dU_1}{dt} + \frac{U_1}{R_1} = C_2 \frac{dU_2}{dt} + \frac{U_2}{R_2}, \quad (1)$$

где U_1, U_2 – напряжения на цепочках $R_1 C_1$ и $R_2 C_2$ соответственно.

Тогда напряжение холостого хода аккумулятора можно определить по формуле

$$U_{ocv} = U_t + i_t R_0 + U_1 + U_2, \quad (2)$$

где U_t – напряжение на клеммах аккумулятора. Напряжение U_{ocv} является однозначной функцией состояния заряда SOC

$$U_{ocv} = f(SOC). \quad (3)$$

Таким образом, существует прямая зависимость между напряжением на клеммах аккумулятора U_t и состоянием заряда SOC. Следовательно, по известному напряжению на клеммах аккумулятора и формулам (1)–(3) можно оценивать состояние заряда аккумулятора и, таким образом, определить сколько устройство будет работать до необходимости подзарядки.

В данной работе решается задача краткосрочного прогнозирования напряжения на клеммах аккумулятора. Для решения задачи прогнозирования авторы использовали искусственные нейронные сети (ИНС) долгой

краткосрочной памяти (Long Short Term Memory – LSTM). Сети LSTM – это разновидность архитектуры рекуррентных нейронных сетей, способная к обучению долговременным зависимостям. Сети LSTM в последнее время успешно применяются для прогнозирования состояния заряда аккумулятора [2].

В большинстве работ по прогнозированию состояния заряда аккумулятора оценка результатов прогнозирования производится на имеющихся данных [2]. Набор данных разделяется на обучающую и тестовую выборки (обычно в соотношении 70% и 30%), на обучающей выборке производится тренировка ИНС, на тестовой выборке проверяется качество прогнозирования. На практике, когда будущие значения параметров аккумулятора неизвестны, их нельзя использовать при прогнозировании. В этом случае для выполнения прогнозов может использоваться подход на основе краткосрочного предикатора. Краткосрочный предикатор выполняет прогноз значений напряжения, на горизонте прогнозирования H . В данной работе горизонт прогнозирования H принимается равным не более нескольких часов, т.е. осуществляется краткосрочное прогнозирование. Прогнозирование производится по следующей формуле

$$u_{h+1} = f(a_h, \dots, a_{h-l}), \quad (4)$$

где a_h, \dots, a_{h-l} – векторы параметров, включающие значения напряжения u_h, \dots, u_{h-l} , f – в общем случае нелинейная функция, l – число, задающее количество значений параметров в предыдущие моменты времени, участвующих в прогнозе, h – шаг по времени в сек, $h \in [0, H]$.

В начальный момент времени значения a_h, \dots, a_{h-l} представляют собой значения параметров в предыдущие моменты времени. Эти значения известны. По этим значениям прогнозируются значения напряжения на следующем шаге. Следовательно, в начальный момент времени по формуле (4) реализуется одношаговый предикатор. После этого в цикле производится формирование массива значений параметров, по правилу $a_{h-l} = a_{h-l+1}, \dots, a_h = a_{h+1}$. Таким образом, сначала при прогнозировании используются реальные значения напряжения u_h , а затем начиная со следующего шага начинают использоваться значения напряжения, полученные в результате прогноза.

В качестве исходного набора данных для прогнозирования использовался известный набор данных NASA. Для прогнозирования использовались данные за 40 циклов разрядки батареи #5 постоянным током 2 А до тех пор, пока напряжение батареи не падало до 2,7 В. Набор данных включал данные по напряжению на клеммах аккумулятора, моменту времени, току нагрузки и температуре аккумулятора. Всего имелось 8899 записей данных.

Из исходного набора данных были сформированы входные наборы данных для обучения и тестирования сети LSTM. Наборы данных фор-

мировались путем выделения из временного ряда значений напряжения подпоследовательностей длиной $n+1$. Первые n значений подпоследовательности, вместе с соответствующим значением времени подавались на вход ИНС, а последнее значение на выход.

Для прогнозирования применялась ИНС, включающая два слоя LSTM и выходной слой с одним нейроном. Первый LSTM слой имел функцию активации типа “ReLu” и 60 скрытых нейронов, второй слой LSTM имел такую же функцию активации и 20 нейронов. В качестве алгоритма поиска при обучении LSTM использовался алгоритм Adam, в качестве функции потерь использовалась среднеквадратическая ошибка (MSE), а в качестве метрики средняя абсолютная ошибка (MAE).

После обучения LSTM точность на обучающем множестве составила 0,6, а точность на контрольном примере 0,9. На рис. 2 показаны графики реальных и прогнозных значений напряжения, построенные для первых 30 сек на контрольном множестве.

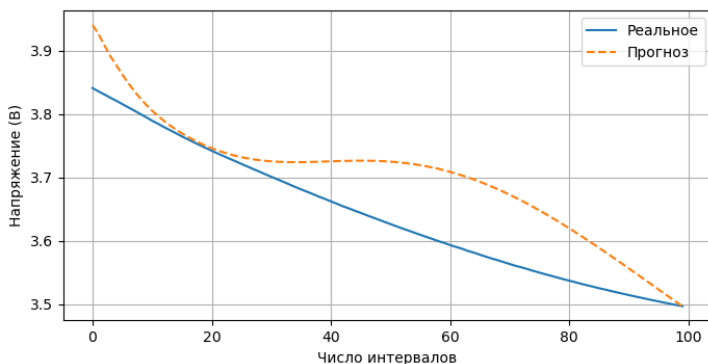


Рис. 2. Графики реальных и прогнозных значений напряжения

Таким образом, в работе рассмотрена задача краткосрочного прогнозирования напряжения на клеммах литий-ионного аккумулятора. Для решения задачи прогнозирования авторы использовали сеть LSTM. Полученные результаты позволяют определить оставшееся время до подзарядки аккумулятора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. He, H. Evaluation of lithium-ion battery equivalent circuit models for state of charge estimation by an experimental approach / H. He, R. Xiong, J. Fan // Energies. 2011. Vol. 4. P. 582–598.
2. Zhang Q. State-of-charge estimation method of lithium-ion batteries based on long-short term memory network / Q. Zhang, B. Liu, F. Zhou, Q. Wang, J. Kong // IOP Conf. Series: Earthand Environmentl Science, 2018. P. 1–7.

ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ ПОЛЕТНОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ МАЛЫХ БПЛА НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ

Д.Н. Шевелёв, Е.В. Ломанова

Научный руководитель – **Е.В. Ломанова**, канд. экон. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьёва

Рассматривается элементная база для построения бортового радио-электронного оборудования беспилотных авиационных систем. Оценивается возможность создания полетных контроллеров на основе отечественных компонентов. Рассматриваются проблемы, которые могут возникнуть при разработке, связанные с особенностями элементной базы.

Ключевые слова: малая беспилотная авиация, авионика, бортовая радио-электроника, отечественная компонентная база, импортозамещение

POSSIBILITIES OF DEVELOPING A FLIGHT CONTROLLER FOR SMALL UAVS ON THE DOMESTIC ELEMENT BASE

D.N. Shevelev, E.V. Lomanova

Scientific Supervisor – **E.V. Lomanova**,
Candidate of Economics sciences, Associate Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

The element base for the construction of avionics of unmanned aircraft systems is considered. The possibility of creating flight controllers based on domestic components is being evaluated. The problems that may arise during development related to the features of the element base are considered.

Keywords: small unmanned aircraft, avionics, domestic component base, import substitution

Рынок беспилотной авиации с каждым годом увеличивается, появляются более совершенные комплектующие, разрабатывается новое программное обеспечение. Ещё в 1927 году военными были произведены

первые испытания беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), численность которых с того момента имеет экспоненциальный рост, который во многом связан с развитием элементной базы. В последние годы применение беспилотников стало доступным не только государственным органам и корпорациям, но и небольшим компаниям и частным лицам.

В современной отраслевой и научной литературе, а также при определении участников рынка БПЛА, всё чаще используют понятие БАС – беспилотная авиационная система. Это комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, средства обеспечения взлета и посадки, средства управления полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов, средства контроля за полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов.

По данным Ассоциации «АЭРОНЕКСТ», полученным в результате исследования российских предприятий индустрии беспилотных авиационных систем (БАС), средний рост объемов оказанных услуг с применением БАС составил + 12 %; средний рост количества произведенных БАС гражданского назначения + 20 %; специального назначения + 200 %; средний рост численности работников предприятий индустрии БАС + 27 %.

В полноценную БАС входит большое количество элементов таких как функциональные средства (непосредственно сам беспилотный ЛА), программное обеспечение, технический персонал, средства интеграции с другими системами, вспомогательные обеспечивающие средства. От области применения элементы беспилотного комплекса могут иметь разную реализацию и соответственно разные параметры.

Главной частью БАС является непосредственно БПЛА, имеющий различные реализации, начиная от мультироторных систем, заканчивая аппаратами самолётного типа. Остальные части не оказывают такого значимого влияния на функционал.

На данный момент большой проблемой является то, что электронике, которая используется в малых гражданских БПЛА, производят преимущественно за границей. Отчасти это связано с меньшими затратами на производство, но потребность в отечественных решениях в современных реалиях очень велика.

Каждый БПЛА оснащён полётным контроллером, который является основой частью электроники, отвечающий за автономный полет, контроль параметров системы и все остальные функции ЛА. Базовый состав полетного контроллера не сильно варьируется в зависимости от схемы ЛА, так в составе любого полетного контроллера: микроконтроллер и акселерометр-гироскоп, так же интерфейсы для взаимодействия с бортовой аппаратурой, которые являются стандартными, что сильно упрощает разработку и подключение новых модулей.

Разберем подробнее элементы полетного контроллера, варианты их исполнения в существующих решениях и возможные аналоги отечественной элементной базы.

1. Микроконтроллер. К нему предъявляются высокие требования, так как необходимо обрабатывать большое количество информации с датчиков в реальном времени и формировать управляющее воздействие. Самым распространённым решением на данный момент является микроконтроллеры ARM, например, STM32F4 с 32-х битной архитектурой ядра CortexM4, рабочая частота которого 168 МГц, при этом имеет встроенный АЦП, ЦАП и стандартные интерфейсы can, i2c, spi, uart и др. В результате анализа элементной базы, в качестве возможных аналогов может использоваться микроконтроллер K1986BE92Q1, производитель АО «ПКК Миландр» приемка ТСКЯ.431296.0011СП, построенный на ядре ARM CortexM3, объём памяти для программы более ограничен, но основываясь на размере существующих прошивок, для базового функционала достаточен. При этом он имеет все стандартные используемые интерфейсы.

2. Акселерометр-гироскоп, основная функция которого – правильное позиционирование ЛА в пространстве. Без этой функции невозможен полет, тем более автономный. Современные датчики являются микроэлектромеханическими системами (МЭМС), в своем строении они объединяют микроэлектронные и микромеханические компоненты, что является сложной в производстве технологией. Основное количество акселерометров и гироскопов построено по такой технологии. Большое распространения в зарубежных полетных контроллерах имеют датчики серии MPU6050 и ICM20689, это шести-осевое устройство отслеживания движения, которое сочетает в себе трех-осевой гироскоп и трех-осевой акселерометр в небольшом корпусе размером порядка 5x5 мм, подключаются к микроконтроллеру по протоколу I2C. Прямого отечественного аналога в свободной продаже на данный момент нет, но возможно заменить гироскопом и акселерометров в отдельных корпусах. Трехосный МЭМС гироскоп серии MP (НТРЕ.402131.011) имеет подходящие параметры точности, но стоимость из-за меньших тиражей в разы больше зарубежных конкурентов. Элементная база акселерометров еще более ограничена, в данный момент в свободной продаже не было найдено полностью подходящих аналогов. В качестве возможных производителей могут выступать: ЦНТК «Совтест-АТЕ», ООО «АСМ тесты и измерения».

Взаимодействие с управляющими устройствами (двигателями, приводами механизации) чаще всего осуществляется при помощи ШИМ для простых систем, или UART для систем, требующих большей точности и функционала. Для подключения к микроконтроллеру требуется

только использование развязки для сопряжения уровней напряжения и защиты от некорректных внешних воздействий.

Для полноценного функционирования и выполнения задач автономно требуются дополнительные датчики для позиционирования аппарата в пространстве. Для определения высоты могут использоваться барометры или дальнометры для более точного позиционирования мультироторных систем. Они различны для разных областей применения. В частности, для закрытых помещений, при высокой зашумленности радиодиапазона использование систем глобального спутникового позиционирования невозможно и требуется использование инерциальных, оптических систем, расположенных непосредственно на ЛА или систем локального позиционирования внутри помещения. Для БПЛА самолетного типа необходимо подключение датчиков воздушной скорости.

В большинстве случаев на борту БПЛА необходима установка радиоаппаратуры для взаимодействия с наземной станцией, для дистанционного контроля выполнения задания, возможного ручного управления. Существует большое количество стандартов радиочастот, и они выбираются в зависимости от области применения. При этом распространенным стандартом в некоммерческой области является PPM (аналоговый сигнал, распределенный по времени) или UART при помощи которого так же возможна передача телеметрии.

В заключении можно сделать вывод, что на данный момент отечественная компонентная база достаточно развита, и в связи с растущей потребностью необходимо начать разработку полетного контроллера, построенного на отечественной элементной базе. Подобных устройств нашего производства нет, что позволяет занять свободный рынок. Стоимость подобного устройства скорее всего будет больше в несколько раз иностранных исполнений, но при массовом производстве цена снизится. На данный момент начата теоретическая разработка и оценка реализуемости проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воздушный кодекс РФ от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 19.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023).
2. Сайт АО «ПКК Миландр». URL: <https://ic.milandr.ru/> (дата обращения 05.03.2023).
3. Сайт STMicroelectronics. URL: <https://www.st.com/> (дата обращения 05.03.2023)
4. Сайт «Совтест-АТЕ». URL: <https://sovtest-ate.com/> (дата обращения 05.03.2023)
5. ГИРОНАВ. Системы ориентации и навигации URL: <https://gyonav.ru/ru/> (дата обращения 05.03.2023).

**СЕКЦИЯ
"ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО"**

УДК 628.47

**РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА
И СНОСА**

А.А. Баруздин, Л.В. Закревская

Научный руководитель – **Л.В. Закревская**, канд. техн. наук,
доцент

Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

В статье проведен анализ объемов отходов образующихся при строительстве, сносе, ремонте, реконструкции и реновации зданий и сооружений, а также приведены основные виды строительных отходов. Также указаны наиболее перспективные пути рециклинга кирпичного боя и приведены характеристики полученных известково-песчаных растворов с добавлением кирпичной крошки.

***Ключевые слова:** рециклинг, техногенные отходы, кирпичный бой, известь, пластификаторы*

**RECYCLING OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION
WASTE**

A.A. Baruzdin, L.V. Zakrevskaya.

Scientific Supervisor – **L.V. Zakrevskaya**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov

The article analyzes the volume of waste generated during construction, demolition, repair, reconstruction and renovation of buildings and structures, and also presents the main types of construction waste. The most promising ways of recycling of brick scrap are also indicated and the characteristics of the obtained lime-sand mortars with the addition of brick powder are given.

***Keywords:** recycling, technogenic waste, brick scrap, lime, plasticizers*

Одна из проблем современной строительной отрасли – это образование значительного количества строительных отходов в процессе возведения, сноса, реконструкции, ремонта и реновации существующих зданий. Образующиеся отходы не только занимают большие площади, но и оказывают отрицательное воздействие на здоровье населения и состояние окружающей среды вследствие загрязнения и отравления почвы, воды и атмосферы. Один из наиболее перспективных способов решения данной проблемы – рециклинг строительных отходов для производства новых строительных материалов.

Данная тема становится еще более актуальной в связи с отраслевой программой "Применение вторичных ресурсов, вторичного сырья из отходов в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства на 2022-2030 годы" паспорт которой был утвержден Министерством строительства и коммунального хозяйства России в октябре 2022г.

Выделяют следующие основные потоки отходов: горнопромышленные, промышленные, строительные, твердые коммунальные отходы, опасные и другие виды отходов[1]. На рис. 1 представлена диаграмма основных потоков отходов.

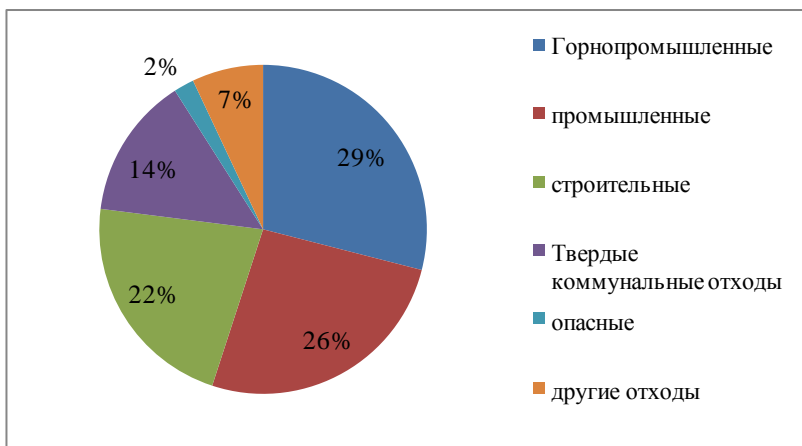


Рис. 1. Основные потоки отходов, %

Из диаграммы видно, что на долю строительных отходов приходится более 20 % от общего потока отходов, что подчеркивает актуальность их повторного использования.

Вместе с этим с каждым годом увеличивается количество возводимых в стране новых зданий, увеличивается количество зданий подвер-

гающихся сносу и разборке. Всё это приводит к росту объёмов отходов строительства и сноса. На рис. 2, а представлена динамика роста площадей полигонов занимаемых отходами строительства и сноса, млн. Га [2].

При сносе, реконструкции и новом строительстве зданий и сооружений образуются отходы: бетона и железобетона; асфальта; керамзитобетона; древесины; черных металлов; рубероида; битума (мастики); линолеума (обрезь); использованной минеральной ваты; асбестового шифера; макулатуры (в т.ч. орголит); стеклобоя; использованного санитарно-технического фаянса; боя кирпича; отработанного цементно-известкового раствора; лакокрасочных материалов; шлаков; золы; загрязненной бумажной тары; металлической тары; грунта [3-4].

На рис. 2, б представлена диаграмма структуры строительных отходов по видам материалов, %.

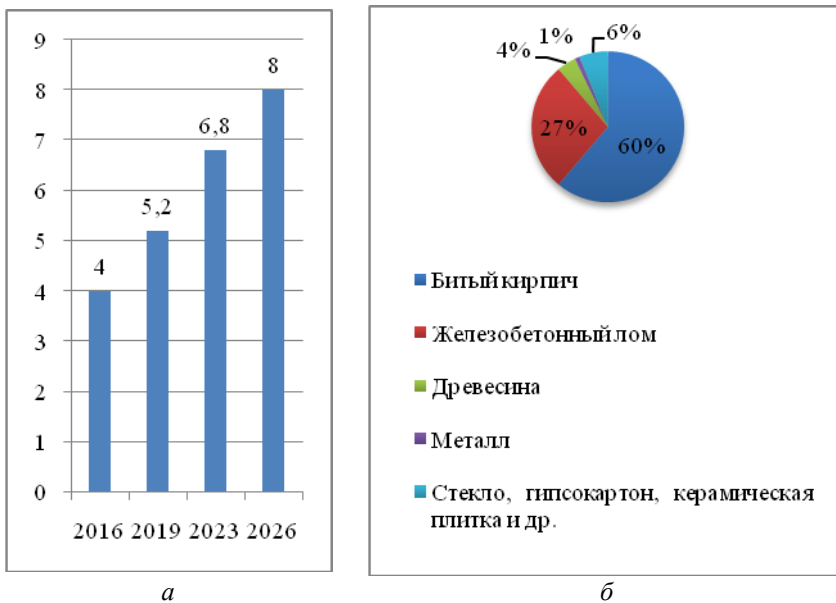


Рис. 2.

а – динамика роста площадей полигонов занимаемых отходами строительства и сноса, млн. Га;

б – диаграмма структуры строительных отходов по видам материалов, %.

Преобладающими видами строительных отходов в крупных населенных пунктах являются: бой кирпича, отходы бетона и железобетона,

отходы древесины, которые образуются от сноса жилых зданий первого индустриального поколения [5].

В развитых странах доля переработки строительных отходов составляет около 50 % от их общего объема за счет совершенствования технологий рециклинга. А такие страны как Дания, Нидерланды, Швеция, Германия и ряд других смогли достигнуть очень высокого уровня переработки, - более 90%. В России ежегодно образуется 15-17 млн. т строительного мусора, тогда как основным способом утилизации остается захоронение. [6]

Одним из наиболее перспективных отходов для переработки является кирпичный бой, так как он составляет большую долю от отходов строительства и сноса и имеет большой спектр применения в качестве сырья для новых материалов.

Применение кирпичного боя в качестве заполнителя для бетона совместно с пластификаторами позволяет получать бетоны классов В20-В30 без существенного снижения прочности, при этом со снижением плотности [7-8].

Также Мурзатаевым С-А.Ю. и др. предложено использовать мелкодисперсные фракции из керамического кирпичного боя для производства ячеистых керамобетонов. Данная технология позволяет получать неавтоклавные ячеистые керамобетоны класса В15, плотностью 700 кг/м³, показатель теплопроводности данного материала не превышает 0,2 Вт/(м·°С) [9].

Обоснована возможность получения керамобетонных блоков с применением боя керамического кирпича классом по прочности В15, по морозостойкости F35-F50, водопоглощением менее 7,5 % и сниженной себестоимостью (до 30 %) [10].

Этими же авторами установлено, что применение заполнителя из керамического кирпичного боя в легких бетонах позволяет снижать его себестоимость на 35 %.

Авторы работ [11-13] исследовали влияние применения тонкомолотой кирпичной крошки на свойства бетонных смесей. Отмечается, что тонкомолотый кирпичный порошок обладает пуццолановой активностью и при добавке в состав цементно-песчаных растворов и бетонов до 20 % от массы цемента увеличивает их прочность и благоприятно влияет на структуру бетона, уменьшая объём и количество пор.

Исследования исторических источников и опыта современных ученых позволили нам предпринять попытку создания известково-цемяночных растворов на основе извести, песка, обожжённой глины, кирпичной крошки, диатомита и гипса.

Составы синтезированных растворов и их основные свойства приведены в таблице 1.

Таблица 1. Составы синтезированных растворов и их основные свойства

Компоненты, масс %						Свойства			
Диатомит	Высокопрочный гипс	Гашеная известь	Кварцевый песок	Обожжённая глина	Кирпичная крошка	Плотность ρ , кг/м ³	Прочность на сжатие σ_c , МПа	Коэффициент размягчения, K_r	Морозостойкость F , циклов
5	4-8	25-35	0-29	5	0-29	1200-1300	2-6,3	0,6-0,74	F25-F35

Полученные результаты позволяют надеяться на перспективность дальнейшей разработки новых составов с помощью рециклинга отходов гипсокартона, известковой штукатурки и кирпичного боя. Данные составы могут быть пригодны не только для общестроительных целей, но и для реставрации памятников древнего зодчества, а решение использовать при их производстве отходы строительства и сноса будет иметь большой экологический и экономический эффект.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема FZUN-2020-0015, госзадание ВлГУ). Исследования проводились с использованием оборудования межрегионального многопрофильного и междисциплинарного центра коллективного пользования перспективных и конкурентоспособных технологий по направлениям развития и применения в промышленности/машиностроении отечественных достижений в области нанотехнологий (соглашение №075-15-2021-692 от 5 августа 2021 года).

Acknowledgements. The research was carried out within the state assignment in the field of scientific activity of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme FZUN-2020-0015, state assignment of VISU). The study was carried out using the equipment of the interregional multispecialty and interdisciplinary center for the collective usage of promising and competitive technologies in the areas of development and application in industry/mechanical engineering of domestic achievements in the field of nanotechnology (Agreement No. 075-15-2021-692 of August 5, 2021).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Соколов, Л.И.* Классификация и рециклинг строительных отходов / Управление техносферой: электрон. журнал. 2021. Т.4. Вып. 1. URL: <https://technosphereing.ru> с. 39 – 49. DOI 10.34828/UdSU.2021.40.44.008.
2. *Гамаюнова, О.С.* Вторичное использование строительных отходов / О.С. Гамаюнова, Т.Р. Слободянюк // Высокие технологии в строительном комплексе. 2022. №1. С.18-26.
3. *Олейник, С.П.* Строительные отходы при реконструкции зданий и сооружений / Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». 2016. Т.3. №2. URL: <http://resources.today/PDF/02RRO216.pdf>. DOI: 10.15862/02RRO216.
4. *Олейник, С.П.* Объемы и источники образования отходов строительства и сноса / Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». 2016. Т. 3. № 1. URL: <http://resources.today/PDF/02RRO116.pdf>. DOI: 10.15862/02RRO116.
5. *Акри, Е.П.* Эффективность переработки строительных отходов методом рециклинга / Е.П. Акри, Д.Г. Пташинский // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 72. С. 119-121.
6. *Жуков, С. Ю.* Строительные отходы при реконструкции зданий и сооружений./ Проектирование и строительство: сборник научных трудов 2-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров (Курск). 2018. С. 61-63.
7. *Мурзатаев С-А.Ю.* Использование отходов производственного брака и керамического боя кирпича для приготовления легкого бетона. / С-А.Ю. Мурзатаев, В.Х. Хадисов, М.Р. Хаджиев // Труды грозненского государственного нефтяного технического университета им. академика М.Д. Миллионщикова. 2011. № 11. С. 157-162.
8. *Хаджиев, М.Р.* Бетонные композиты на заполнителях из керамического кирпичного боя / Евразийский союз ученых. 2014. № 5. С. 37-40.
9. *Мурзатаев, С-А.Ю.* Ячеистый керамобетон на основе заполнителей из вторичного сырья. / С-А.Ю. Мурзатаев, М.С. Сайдумов, М.Р. Хаджиев, В.Х. Хадисов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2014. № 3(34). С. 74-81.
10. *Хаджиев, М.Р.* Мелкоштучные стеновые изделия из легкого керамобетона для ограждающих конструкций зданий и сооружений / М.Р. Хаджиев, В.Х. Хадисов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2014. № 4. С. 137-142.
11. *Романенко, И.И.* Пробуждение гидравлической активности наполнителей и заполнителей из лома глиняного кирпича. / И.И. Романенко, И.Н. Петровнина, К.А. Еличев, М.И. Романенко // Инженерный вестник Дона. 2022. № 11(95). С. 563-572.
12. *Aliabdo, A.A.* The use of crushed clay bricks in the concrete industry/ A.A. Aliabdo, M. Abd-Elmoati, H.H. Hassan // Alexandria Engineering Journal. 2014. Vol. 53. № 1, pp. 151-168.
13. *Ge, Z.* Mix design of concrete with recycled clay-brick-powder using the orthogonal design method. / Z. Ge, Z. Gao, R. Sun, L. Zheng // Construction and building materials. 2012. № 31, pp.289-293.

МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА С НИЗКОМОДУЛЬНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

А.О. Мурашов^{1,2}, А.И. Панченко¹

Научный руководитель – **А.И. Панченко**, д-р техн. наук,
профессор

¹Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет

²Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрено влияние низко модульных включений в виде полимерных микросфер и резиновой крошки на морозостойкость мелкозернистого бетона. Экспериментально подтверждена эффективность применения полимерных микросфер для повышения морозостойкости мелкозернистого бетона наряду с использованием воздухововлекающей добавки.

Ключевые слова: морозостойкость бетона, полимерные микросферы, резиновая крошка, воздухововлекающая добавка, замедление развития микротрещин

FROST RESISTANCE OF CONCRETE WITH LOW-MODULUS INCLUSIONS

A.O. Murashov^{1,2}, A.I. Panchenko¹

Scientific Supervisor – **A.I. Panchenko**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

¹Moscow State University of Civil Engineering
National Research University

²Yaroslavl State Technical University

The paper considers the effect of low-modulus inclusions in the form of polymer microspheres and rubber crumb on the frost resistance of fine-grained concrete. The effectiveness of polymeric microspheres for increasing the frost resistance of fine-

grained concrete along with the use of air-entraining additive has been experimentally confirmed

Keywords: *frost resistance of concrete, polymeric microspheres, rubber crumb, air-entraining additive, retardation of microcrack development.*

Сегодня традиционным способом повышения морозостойкости бетонов является использование воздухововлекающих добавок, которые способствуют формированию резервного порового пространства в теле цементного камня. В резервные поры в процессе замораживания бетона отжимается еще незамерзшая вода, что способствует уменьшению напряжений в стенках капилляров и микротрещин за счет снижения гидравлического давления. Такой механизм морозной деструкции бетона был описан Т. Пауэрсом на основании исследований, выполненных в начале второй половины XX века [1,2].

Многие как российские, так и зарубежные ученые и в настоящее время придерживаются теории морозного разрушения бетона предложенной Т. Пауэрсом [3,4].

Однако результаты некоторых исследований показывают, что повысить морозостойкость бетона возможно не только за счет применения воздухововлекающих добавок, но и при помощи включений с низким модулем упругости, например, резиновой крошки [5] или полимерных микросфер [6,7].

Разрушение бетона при попеременном замораживании и оттаивании является следствием развития микротрещин, пронизывающих его структуру. Низкомодульные включения, распределенные в структуре цементного камня, способствуют повышению трещиностойкости бетона и, как следствие, увеличивают его морозостойкость [7,8].

Целью работы являлась сравнительная оценка морозостойкости мелкозернистого бетона с воздухововлекающей добавкой и с низкомодульными включениями в виде полимерных микросфер и резиновой крошки.

Контрольные образцы мелкозернистого бетона в виде балочек 40х40х160 мм были изготовлены с применением следующих компонентов:

- портландцемент ЦЕМ I 42,5Н производства АО «Подольск-Цемент» ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия»;

- песок с модулем крупности 3,1 ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия»;

- пластификатор Гиперпласт;

- воздухововлекающая добавка BASF MasterAir 125;

- резиновая крошка фракции 0,63-0,315 мм;

- полимерные микросферы Expancel 461WET40d36 диаметром 30-50 мкм.

Составы контрольных образцов мелкозернистого бетона представлены в табл. 1.

Таблица 1. Экспериментальные составы

№ состава	Основные компоненты		В/Ц	Добавки, процент от массы цемента			
	Цемент, кг/м ³	Песок, кг/м ³		Пластификатор	ВВ	МС	РК
1	470	1470	0,47	0,22	-	-	-
2	470	1470	0,47	0,22	0,7	-	-
3	470	1470	0,47	0,22	-	4	-
4	470	1470	0,47	0,22	-	-	4

Примечание: ВВ – воздухововлекающая добавка, МС – полимерные микросферы, РК – резиновая крошка.

Определение морозостойкости контрольных образцов мелкозернистого бетона выполнялось вторым укоренным методом в соответствии с требованиями ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости».

Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытания контрольных образцов

№ состава	Прочность на сжатие, МПа	Морозостойкость, F_1 , циклы	Плотность, кг/м ³
1 – контрольный	46,1	280	2091
2 – с ВВ	32,8	540	1828
3 – МС	35,7	570	1832
4 – с РК	30,6	370	1851

Введение в состав мелкозернистого бетона как низкомолекулярных включений в виде резиновой крошки или полимерных микросфер, так и воздухововлекающей добавки повышает морозостойкость мелкозернистого бетона, что связано с замедлением трещинообразования в структуре бетона, не только резервными порами, но и включениями с низким модулем упругости [7].

Замена воздухововлекающей добавки на полимерные микросферы несущественно повышает морозостойкость мелкозернистого бетона (на

5,5 %), однако заметно снижает уменьшение прочности мелкозернистого бетона относительно контрольного образца с 28,9 % до 22,5 %.

Применение резиновой крошки фр. 0,63-0,315 мм для повышения морозостойкости мелкозернистого бетона менее эффективно, чем использование воздухововлекающей добавки или полимерных микросфер, что обуславливается ее неоптимальным гранулометрическим составом.

Таким образом, обоснована теоретически и подтверждена экспериментально эффективность применения низко модульных включений в виде полимерных микросфер для повышения морозостойкости бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Powers, T. Void spacing as a basis for producing air-entrained concrete. // Journ. of Am. Concr. Inst., 1954. V.50.
2. Powers T. The mechanism of frost action in concrete // Cement, Lime and Gravel. No. 5, 1966, 41. Pp.143-148, 181-185.
3. Баженков, Ю.М. Технология бетона. Учебник. М.: АСВ, 2011. 528 с.
4. Neville, A.M. Concrete Technology. Longman Group UK Limited, 1987, Reprinted 2008 (twice). Second edition, 2010. Pp. 477-483.
5. Richardson A. *u op.* Crumb rubber used in concrete to provide freeze-thaw protection (optimal particle size) // J. Clean. Prod. 2016. № 112. С. 599–606.
6. Wawrzenczyk J. *et. al.* Effect of Ground Granulated Blast Furnace Slag and Polymer Microspheres on Impermeability and Freeze-Thaw Resistance of Concrete // Procedia Eng. 2016. № 161. P. 79 – 84.
7. Панченко А.И. Критерий стойкости бетона к атмосферным воздействиям с позиций механики разрушения // ИВУЗ. Строительство. 1995. № 2. С. 55–60.
8. Tong F. Experimental and Theoretical Determination of the Frost-Heave Cracking Law and the Crack Propagation Criterion of Slab Track with Water in the Crack // Appl. Sci. 2019. № 9. P. 1–23.

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КВАРЦЕВОГО ПЕСКА ПРИ ЕГО АКТИВАЦИИ В ЭНЕРГОНАПРЯЖЕННОМ АППАРАТЕ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

А.Б. Османов^{1,2}, С.В. Самченко¹, М.А. Абрамов²

Научный руководитель – **С.В. Самченко**, д-р техн. наук,
профессор

¹Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет

²Ярославский государственный технический университет

В работе рассмотрена возможность активации кварцевого песка в дезинтеграторной установке ДСЛ-94. Определено изменение удельной поверхности в ходе активации кварцевого песка, отмечено влияние интенсификатора помола. Установлено, что энергия затраченная при многостадийной активации увеличивает электростатическую и поверхностную энергии частиц, что сопровождается агрегированием частиц кварцевого песка.

Ключевые слова: Активация кварцевого песка, дезинтегратор, удельная поверхность, интенсификатор помола

CHANGING THE CHARACTERISTICS OF QUARTZ SAND WHEN IT IS ACTIVATED IN AN ENERGETICALLY STRESSED IMPACT APPARATUS

A.B. Osmanov^{1,2}, S.V. Samchenko¹, M.A. Abramov²

Scientific Supervisor - **S.V. Samchenko**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

¹Moscow State University of Civil Engineering, National Research University

²Yaroslavl State Technical University

The paper considers the possibility of quartz sand activation in a DSL-94 disintegrator. The change in the specific surface area during the activation of quartz sand was determined, the effect of the grinding intensifier was noted. It is established that energy during multistage activation increases the electrostatic and surface energies of particles, which is accompanied by aggregation of quartz sand particles.

Keywords: Quartz sand activation, disintegrator, specific surface area, grinding intensifier

На сегодняшний день кварцевый песок является одним из востребованных и распространенных строительных материалов. Примером является использование кварцевого песка в качестве мелкого заполнителя в бетонных и растворных смесях, при этом, качество конечных продуктов напрямую зависит от физических свойств и гранулометрического состава применяемого кварцевого песка [1]. Изменение физических свойств, а также гранулометрического состава кварцевого песка возможно с применением его активации.

Известно, что активированный кварцевый песок приобретает большую структурную прочность [2]. В процессе активации образуются новые поверхности, которые приводят к повышенной реакционной способности частиц активируемого материала [3]. Также отмечается переход активированных частиц в неравновесное состояние, что способствует снижению химической устойчивости и интенсификации ряда физико-химических процессов [4].

Для повышения качества измельчения материала применяются различные интенсификаторы помола, в качестве которых могут выступать поверхность - активные вещества [5].

Целью работы является определение изменений физических характеристик, а также фракционного состава кварцевого песка после его активации в дезинтеграторной установке.

В рамках данной работы использовался карьерный речной песок. Активация кварцевого песка проводилась на дезинтеграторной установке ДСЛ-94. Активация проводилась в один, два и три прохода с энергией затрачиваемой на активацию 17 кДж/кг, 34 кДж/кг и 51 кДж/кг соответственно.

В качестве интенсификатора помола использовалась поликарбоксилатная пластифицирующая добавка «Бетон Пласт 01Гипер». Нанесение интенсификатора помола на исследуемый кварцевый песок выполнялось путем распыления поликарбоксилатной пластифицирующей добавки через мелкодисперсную форсунку IS-N.

После каждой активации кварцевого песка определялось изменение удельной поверхности на приборе Товара Т-3.

При многократной активации кварцевого песка дезинтеграторной установкой было отмечено увеличение удельной поверхности (рис. 1).

Установлено, что первый проход песка через дезинтеграторную установку увеличивает удельную поверхность в 2,6 раз, в сравнении с контрольным образцом. Каждый последующий проход дает увеличение удельной поверхности в среднем на 25 %.

Для увеличения удельной поверхности был установлен сепаратор, что позволило вывести мелкодисперсные частицы в приемный бункер из дезинтегратора и закольцевать измельчение крупных частиц. Измельчение с сепаратором позволило увеличить удельную поверхность в 14,2 раза в сравнении с контрольным образцом.

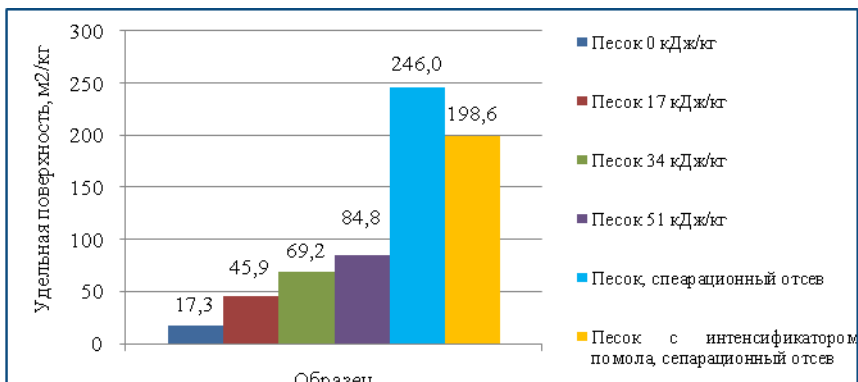


Рис. 1. Изменение удельной поверхности кварцевого песка в процессе многократной активации

Для альтернативного метода контроля фракционного состава песка при разных значениях энергии затраченной на активацию использовали метод ситового анализа, а именно – измерение процентного содержания частиц шлама после активации, проходящих через сито № 008 (рис. 2).

Проведенные исследования позволяют заключить следующее:

В процессе активации песка происходит агрегирование частиц в связи с увеличением поверхностной и электростатической энергии данных частиц, в связи с этим, отмечена трудность просева песка с сепарационным отсевом.

Интенсификатор помола позволяет уменьшить агрегацию частиц путем образования поверхностной пленки на частицах, что отображено на рис. 2, отображающем количество пройденных частиц кварцевого песка через сито № 008.

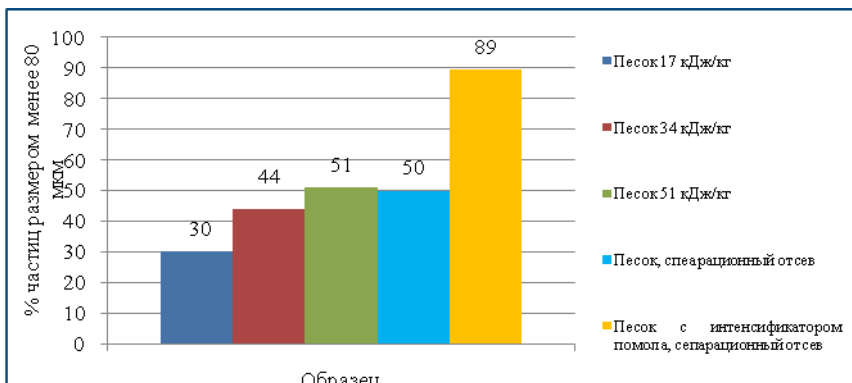


Рис. 2. Количество частиц песка после активации, проходящих через сито № 008

Таким образом, установлено, что после активации песка в дезинтеграторной установке происходит изменение физических характеристик, увеличивается поверхностная и электростатическая энергии частиц кварца, которые приводят к агрегированию частиц, увеличение удельной поверхности, а также фракционного состава кварцевого песка. Показано, что предварительное нанесение поликарбоксилатного пластификатора на частицы позволяет уменьшить агрегацию частиц путем образования поверхностной пленки на частицах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матюкин, В.В. Исследование процесса измельчение кварцевого песка./ В.В. Матюкин, В.Я. Боршев // Вестник Тамбовского Государственного Технического Университета, 2022. № 2. С. 297-304.
2. Абрамов, М.А. Влияние механохимической активации на физико-химические свойства кварцевого песка и структурно-механические характеристики вяжущих веществ композиций на его основе / М.А. Абрамов, Е.Г. Степанов, О.П. Яблонский // Известия Высших Учебных Заведений. Серия: Химия и Химическая Технология, 2009. № 8. С. 75-77.
3. Mehrotra, S.P. Mechanical Activation of Gibbsite and Boehmite. New Findings and their Implications./ S.P.Mehrotra, T.S. Alex, G. Greifzu, R. Kumar// Transactions of the Indian Institute of Metals, 2015. 69(1). P. 51-59.
4. Мурог, В.Ю. Помольно-классифицирующие мельницы дезинтеграторного типа / В.Ю. Мурог, П.Е. Вайтехович, Д.Н. Боровский // Труды белорусского государственного технологического университета. Химия и технология неорганических веществ, 2008. Серия 3. С. 113-117.
5. Samchenko, S. Increase of aggregative and sedimentation stability of slag suspensions by ultrasound / S. Samchenko, I Kozlova, O. Zemska, E. Baskakova // (2019) E3S Web of Conferences, 2019 .110. № 01061.

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ПАНЕЛЕЙ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ КРОВЛИ

А.А. Зеленков, И.С. Казакова

Научный руководитель - **И.С. Казакова**, канд. техн. наук, доцент

Вологодский государственный университет

Производится разработка конструктивного решения панелей покрытия для холодной кровли промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений. Подобраны сечения для двух вариантов панелей с разной конструкцией шпренгелей. Выполнен расчет узлов и деталей. Сделано технико-экономическое сравнение конструкций покрытия из шпренгельных панелей и покрытия по прогонам по металлоемкости, стоимости и трудоемкости монтажа.

Ключевые слова: панель покрытия, профилированный лист, шпренгель, расчет, конструирование, металлоемкость, экономичность

DEVELOPMENT OF AN EFFECTIVE CONSTRUCTIVE SOLUTION OF COATING PANELS FOR COLD ROOFS

A.A. Zelenkov, I.S. Kazakova

Scientific Supervisor - **I.S. Kazakova**, Candidate of Technical Science, Associate Professor

Vologda State University

The design solution of the coating panels for the cold roof of industrial and agricultural buildings and structures is being developed. Sections for two variants of panels with different designs of sprengelshave been selected. The calculation of nodes and parts has been performed. A technical and economic comparison of the structures of the coating from the sprengelpanels and the coating by purlins according to metal consumption, cost and labor intensity of installation was made.

Keywords: coating panel, profiled sheet, sprengel, calculation, design, metal consumption, efficiency

В настоящее время металлические конструкции занимают лидирующие позиции в современном строительстве. Использование при воз-

ведении покрытий производственных и сельскохозяйственных зданий и сооружений легких несущих металлических панелей позволит уменьшить затраты на строительные работы и сократить сроки монтажных работ. Такие панели могут заменить прогонное поэлементное покрытие. Применение облегченных панелей покрытия позволит снизить общую нагрузку на весь каркас здания или сооружения, включая фундамент. Холодные кровли могут быть решены с применением как профилированных так и плоских листов. Наиболее часто применяются профилированные листы, характеризующиеся повышенной жесткостью и позволяющие снизить расход металла.

Цель работы заключается в разработке оптимального конструктивного решения шпренгельной панели покрытия длиной 12 м для промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений и сравнение их по экономическим показателям с прогонным решением покрытия.

Основные задачи исследования сводятся к следующим: поиск и изучение источников отечественной и зарубежной литературы, касающейся данной темы; конструирование шпренгельной плиты покрытия с соблюдением необходимых параметров; сбор нагрузки на плиту покрытия по СП 20.13330.2017 «Нагрузки и воздействия»[1]; расчет конструкции панели и выбор оптимальной конструктивной схемы; выявление экономической эффективности от применения рассматриваемой конструкции.

В работе рассмотрены конструкции панелей с разной конструкцией шпренгеля (рис. 1).

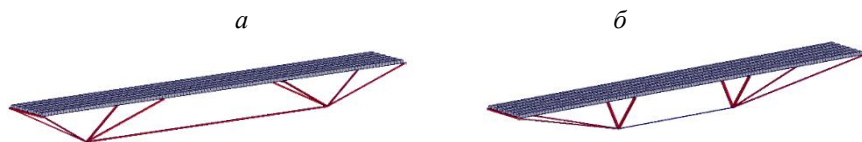


Рис. 1. Общий вид панели 1,5 x 12м:

a – Первый вариант панели(первый тип шпренгеля)

б – Второй вариант панели (второй тип шпренгеля)

Высота шпренгеля назначается из условия $(1/6-1/9)L$. Тип и толщина профилированного настила, а так же затяжка и профили конструкции шпренгеля подбираются во время расчета в программном комплексе SCADOFFICE. При разработке конструкций шпренгельной системы основное внимание обращается на необходимость соблюдения допустимых пролетов для профилированного листа указанного в

Приложении А СТО0043-2005 [2]. С учетом этого разработаны геометрические схемы панелей (рис. 2).

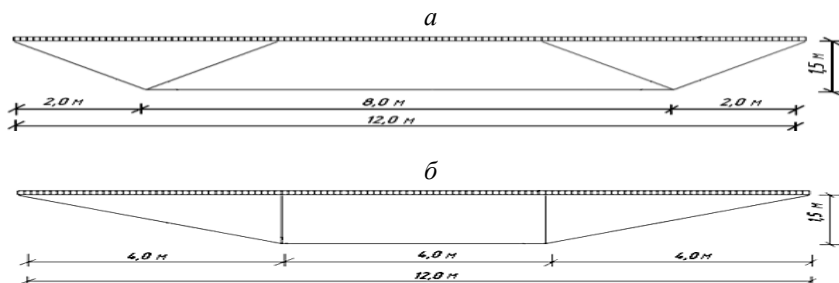


Рис. 2. Геометрические схемы панели:

- a* - Первый вариант панели(первый тип шпренгеля);
- б* - Второй вариант панели(второй тип шпренгеля)

Панель имеет размеры в плане 1,5x12 м. Так как профилированный лист имеет ограничения по ширине, то для одной панели принимаются два листа, соединенные по длине заклепками. Профилированный настил принимается по ГОСТ 24045-2016. В качестве несущих настилов покрытий используются профилитипа Н с высотой гофров 114 мм.

Для шпренгельной конструкции в качестве раскосов назначаются стальные трубы по ГОСТ 8732-78. Для предварительно напряженной затяжки используется гладкий арматурный стержень по ГОСТ 5781-82. Поперечные балки, связывающие профнастил со шпренгельной системой, имеют поперечное сечение в виде гнутого неравнополочного уголка по ГОСТ 19772-93. Раскосы приняты из квадратной трубы по ГОСТ 8639-82. Все сечения элементов плиты покрытия принимаются и назначаются в ходе расчета конструкции. Атмосферные нагрузки (снеговые и ветровые) приняты для г. Вологды.

Расчет пространственной конструкции шпренгельной панели для холодной кровли производится с помощью ПО SCADOFFICE. Задаются граничные условия, расчетная схема и расчетная модель плиты. Схема в программе задается, как пространственная конструкция, у которой шпренгельная система содержит конечные элементы в виде стержней, а профилированный лист- конечные элементы в виде пластинок.

Для выявления наиболее эффективной кровельной панели в работе рассматриваются различные варианты ее конструкции. Подбор оптимального конструктивного решения осуществляется за счет вариаций следующих параметров: типа профилированного листа; высоты шпренгельной конструкции; диаметра шпренгельной затяжки.

Из анализа результатов расчета следует, что второй вариант панели (со вторым типом шпренгеля) является менее металлоемким на 8 %. Для этой плиты покрытия выполнено конструирование узлов и деталей. Сделан расчет винтовых соединений для крепления профлиста к шпренгельной конструкции, определены диаметр и количество самонарезающих винтов типа HD-X. Рассчитаны длины сварных швов и толщины опорных ребер и фасонки.

Оценка эффективности применения панелей производится по металлоемкости, стоимости и трудоемкость возведения покрытия. Для определения стоимости строительства и трудозатрат выполнен локальный сметный расчет для двух вариантов покрытия равных по площади, но имеющих разное конструктивное решение: 1 - покрытие из шпренгельных панелей и 2 - прогонное решение покрытия.

Таблица 1. Техничко-экономическое сравнение вариантов покрытия

Вариант покрытия	Масса		Сметная стоимость		Трудозатраты			
			тыс.руб		чел.час			
	всего, т	кг/м ²	всего	1м ²	изгот.	монтаж	прочее	всего
1	12,29	26,3	2128,10	4,55	745,88	503,91	74,32	1991,11
2	17,51	37,4	2790,23	5,96	505,76	540,41	1008,15	2054,32

На основании данных, представленных в таблице 1, можно сделать вывод, что покрытие с использованием шпренгельных панелей по расходу стали менее металлоемко (до 30%), экономичнее по стоимости возведения (до 24 %) и требует меньших трудозатрат при монтаже (до 7 %), хотя трудоемкость изготовления панелей выше на 32 % ,но на строительной площадке этот показатель не столь важен. Исходя из полученных результатов можно сделать вывод об эффективности покрытий из шпренгельных панелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- СП 20.13330.2017. Свод правил. Нагрузки и воздействия: актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*: утв. Минрегион РФ 27.12.2010 № 787. Введ. 20.05.2011. Москва: ОАО ЦПП, 2011. 96 с.
- СТО 0043-2005. Стандарт организации. Настилы стальные профилированные для покрытий зданий и сооружений. Проектирование, изготовление, монтаж. – Введ. 25.04.2005. Москва.: ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»: Издательство стандартов, 2005. 19 с.

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЗДАНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И.А. Волков, Д.А. Кореводов, И.С. Казакова

Научный руководитель - **И.С. Казакова**, канд. техн. наук, доцент

Вологодский государственный университет

Рассмотрены варианты конструктивных систем для сельскохозяйственных зданий на примере телятников. Рассмотрены металлические каркасы зданий традиционного решения и с использованием новых технологий. Установлены главные критерии выбора и показатели по ним.

Ключевые слова: конструктивные системы, металлические конструкции, традиционные решения, легкие стальные тонкостенные конструкции, каркасно-тенговые конструкции

SELECTION OF A CONSTRUCTIVE SYSTEM OF AGRICULTURAL BUILDINGS

I.A. Volkov , D.A. Korevodov, I.S. Kazakova

Scientific Supervisor – **I.S. Kazakova**, Candidate of Technical Science, Associate Professor

Vologda State University

Variants of constructive systems for agricultural buildings on the example of calf houses are considered. Metal frames of buildings with traditional solutions and using new technologies are considered. The main selection criteria and indicators for them have been established.

Keywords: structural systems, metal structures, traditional solutions, light steel thin-walled structures, frame-tent structures

В настоящее время сельское хозяйство стремительно развивается. Это одна из важнейших отраслей Российской экономики. Для возведения новых зданий и сооружений для этой отрасли требуются надежные и экономичные конструктивные решения.

Целью работы является выбор эффективного конструктивного решения зданий сельскохозяйственного назначения на примере зданий телятников.

Для выполнения поставленной цели сформулированы основные задачи : проведение поисковых исследований по выбору эффективных конструктивных решений зданий телятников; анализ различных технологий возведения; расчёт несущих конструкций; сравнение выбранных конструктивных решений по основным критериям; анализ результатов и выводы.

Актуальность работы обусловлена тем, что несмотря на то, что во всем мире применяют новейшие разработки, в нашей стране проектировщики используют часто устоявшиеся традиционные конструктивные решения и методы возведения. Использование новых разработок повысит скорость возведения конструкций, приведет к экономии денежных ресурсов. Кроме того выбор наиболее эффективного конструктивного решения важен для самих заказчиков, поскольку должен максимально удовлетворять их потребности.

В работе рассматриваются конструктивные решения здания телятника пролетом 21 м, выполненных по традиционной технологии из стальных двутавровых профилей по ГОСТ Р 57837-2017, и с использованием новых технологий. В качестве новых технологий предлагается применение легких стальных тонкостенных конструкций (далее ЛСТК) [1] и также каркасно-тентовых конструкций [2]. Такие конструкции легче других, просты в сборке и производстве элементов, имеют низкую стоимость.

Для зданий из ЛСТК используется каркас стоечно-балочной конструкции из тонкостенных спаренных швеллеров толщиной 2,5 и 3мм по ТУ 25.11.23-001 97638513-2017 из стали С240; прогоны, вертикальные и горизонтальные связи приняты из тонкостенных профилей толщиной 1.5мм и 2мм по СТО 42481025 006-2007, ТУ 1122-02-10836231-2014 и ТУ 25.11.23-001 97638513-2017.

Легкие стальные тонкостенные конструкции позволяют осуществлять быстровозводимое панельно-каркасное строительство с применением тонкостенных стальных оцинкованных профилей, которые используются как для сборки цельного каркаса здания, так и устройства его отдельных элементов (наружных стен и перегородок). Достоинствами таких конструктивных систем являются высокая скорость монтажа, низкая стоимость возведения, лёгкость несущей конструкции и простота возводимого для нее фундамента, монтаж в любое время года без потери качества. Появление СП260.1325800.2016 [3] по проектированию зданий из легких стальных тонкостенных конструкций привело к увеличению объемов строительства таких зданий и позволило исключить ошибки, кото-

рые ранее встречались при проектировании зданий сельскохозяйственного назначения из ЛСТК и приводили к обрушениям[4].

Еще одним эффективным конструктивным решением для зданий, предназначенных для содержания крупного рогатого скота, является быстровозводимый телятник каркасно-тентовой конструкции. Он представляет собой сквозную арочную конструкцию, выполненную из круглых труб по ГОСТ 32931-2015 и ГОСТ 10704-91, для горизонтальных и вертикальных связей применяются круглые трубы по тем же ГОСТам. Для ограждения используется высокопрочное тентовое покрытие из мембранного материала, производство которого в настоящее время налажено в России. Тентовая ткань противостоит химикатам и коррозии, относится к негорючим материалам. При покрытии ангара такой тканью, благодаря уникальной технологии сварки ПВХ ткани, конструкция обеспечивается стопроцентной герметичностью. Для прикрепления тентовой ткани к каркасу используются люверсы, скобы, тросы, ремни и специальные шнуры [2]. Благодаря комфортной и здоровой среде, создаваемой в таких зданиях, для содержания телят увеличивается их вес и обеспечивается сохранность стада за счёт более яркого освещения и лучшей вентиляции. Достоинствами каркасно-тентовой конструкции являются: снижение нагрузки на фундаменты за счет малого веса ограждающих конструкций, низкие расходы на строительство и содержание здания (экономию до 40 %), устойчивость к температурным колебаниям от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Срок эксплуатации каркаса составляет 60 лет, тента — свыше 15 лет. К недостаткам относится низкое сопротивление окружающей среде и недолговечность тентового покрытия [2].

Для сравнения представленных конструктивных решений произведены расчеты с использованием программного комплекса SCAD и сделан анализ полученных результатов. Сравнение ведется по нескольким важным критериям и представлено в таблице.

Из анализа результатов исследования можно сделать следующие выводы:

1. Металлоемкость зданий телятников, выполненных из легких стальных тонкостенных конструкций на 32 % меньше металлоемкости традиционного решения каркасов, выполненных из прокатных двутавров. При этом срок возведения их сокращается на 20 %.

2. Металлоемкость зданий телятников, выполненных с использованием каркасно-тентовой конструкции на 49 % меньше металлоемкости традиционных каркасов. Срок возведения их уменьшается на 80 %.

3. Абсолютно подходящее решение под все критерии выбрать невозможно. Если необходимо возвести здание быстро и дешево, то выбирается каркасно-тентовый телятник или из ЛСТК. Если необходим более

долговечный и проверенный вариант, то выбор падает на каркас из традиционных стальных конструкций.

Таблица. Сравнение конструктивных решений зданий сельскохозяйственного назначения (телятников)

Критерии	Конструктивное решение металлокаркаса		
	Традиционное решение	ЛСТК	Каркасно-тентовая конструкция
Металлоемкость, кг/ м ²	41.35	28.15	21.20
Сроки возведения, мес	5	4	1
Долговечность, год	60	до 50	60 (каркас), 15 (тент)
Соединения	Сварное, болтовое	Самонарезающиеся винты	Сварное, болтовое
Доступность материалов в пределах региона	Требуется доставка из Москвы	Имеются	Требуется доставка из Москвы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Казакова, И.С.* Легкие стальные тонкостенные конструкции: проектирование и расчет: учебное пособие / И. С. Казакова. Вологодский государственный университет. Вологда: ВоГУ, 2020. 117 с.
2. *Сверчков, И. А.* Возведение инновационных ферм КРС / И.А. Сверчков, В.А. Чертов. 2019. № 1. С. 44-50. EDN SMHAAT.
3. СП 260.1325800.2016. Свод правил. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованных профилей и гофрированных листов. Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2015. 116с.
4. *Харинский, Н.А.* К анализу причин обрушений легких стальных тонкостенных конструкций зданий / Н.А. Харинский, И.С. Казакова // Семьдесят пятая Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием, 20 - 21 апреля 2022г. в Ярославском государственном техническом университете: сб. материалов конф. В 2 ч .Ч.2. Ярославль: Издательство ЯГТУ, 2022. С. 373-376.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МОРСКИХ ВЕТРЯНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А.В. Кайдас¹, А.Е. Савенко¹

Научный руководитель – **А.Е. Савенко**, канд. техн. наук, доцент

¹Керченский государственный морской технологический университет

В статье рассмотрен вопрос, связанный с применением морских ветряных электростанций.

***Ключевые слова:** электроэнергия, судно, ветропарки, обслуживание, ремонт, электростанции*

ANALYSIS OF THE USE OF OFFSHORE WIND FARMS AND THEIR MAINTENANCE METHODS

A.V. Kaydas, A.E. Savenko

Scientific Supervisor – **A. E. Savenko**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹Kerch State Marine Technological University

The article deals with the issue related to the use of offshore wind farms.

***Keywords:** electric power, ship, wind farms, maintenance, repair, power plants*

Изменения климата, произошедшие в последнее время, являются мотивацией для исследований и разработок различных технологий, связанных с возобновляемыми источниками энергии. Одной из таких технологий с очень высоким потенциалом для производства электроэнергии является возможность использования энергии ветра с ветряными турбинами. В настоящее время на ветер приходится всего 0,3 % мирового производства электроэнергии (причем ведущими игроками являются: Дания, Великобритания, Бельгия и Нидерланды). Потенциал ветра настолько огромен, что сегодня он удовлетворил бы спрос на электроэнергию во всем мире, если бы существовали такие технические производственные возможности [4]. По данным Глобального совета по ветроэнергетике, ожидается,

что новые установки будут вводиться ежегодно, как для моря, так и для суши, мощностью выше 55 ГВт до 2023 года, при этом доля морских ветряных электростанций увеличится по сравнению с наземными объектами. В настоящее время чаще всего используются турбины мощностью около 6–8 МВт, однако ожидается, что мощность отдельных турбин может достичь до 20 МВт в 2030 году [3]. В зависимости от принятой технологии передачи энергии на морских ветропарках уровень напряжения в электросети может составлять до нескольких сотен киловольт. Уровень напряжения от самой ветряной турбины обычно составляет 6,6 кВ.

Стоит отметить, что важным фактором, влияющим на производительность морских ветряных электростанций, является их местоположение.

Выбору конкретного места для будущей морской ветряной электростанции предшествует проведение тщательного анализа, в том числе:

- 1) текущее использование морского района (судоходные пути, рыболовство, военные районы, природоохранные районы, районы добычи песка и гравия, существующие и планируемые трубопроводы и кабели, районы добычи газа и нефти, другие навигационные ограничения),
- 2) нижняя батиметрия (стоимость фундаментов),
- 3) близость к береговой линии (стоимость линии электропередачи, техническое обслуживание) [5].

Техническое обслуживание турбин нельзя провести в сухих доках, поскольку они прочно зафиксированы в морском дне, работы по обслуживанию и ремонт должны проводиться в сырых и ветреных условиях.

Для строительства и обслуживания морских ветряных электростанций применяются различные типы судов. Наиболее популярными из них являются: служебные эксплуатационные суда, кабелеукладочные и самоподъемные суда.

Необходимость ремонта турбин является важным элементом с точки зрения эксплуатации морских ветропарков. Для выполнения ремонтных задач ищутся агрегаты, которые обладают развитием высоких скоростей при сохранении низких затрат [1].

Затраты, связанные с обслуживанием, во многом зависят от местоположения ветропарка, т.е. расстояния от порта, обеспечивающего логистику. Среднее расстояние от берега составляет 20-80км [2].

В суммарной энергии, вырабатываемой в мире, доля энергии, производимой ветряными электростанциями, постоянно возрастает, а количество стран в мире устанавливаемых у себя подобные источники энергии значительно увеличивается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баворский, А. и др.* Оценка способности использовать массу воздуха от движущегося транспортного средства в двигательной установке ветряной турбины: учеб. пособие. 2008. С. 140- 143.
2. *Хуадонов, А.А.* Сборник «Повышение конкурентно способности отечественной науки: стратегии, технологии, модели. Альтернативные источники в море» / под общей ред. А.А. Хуадонова, В.А. Перфилова. Калуга: Изд-во «Аэтерна», 2020. С. 16-17.
3. *Белей, В.Ф.* Возобновляемые источники энергии: справочник модуля / под ред. В.Ф. Белея, В.В. Селина, А.О. Задорожного, А.Ю. Никишина, Н.Н. Елагина, А.И. Соловей. Калининград.: ФГБОУ ВПО "КГТУ", 2015. С. 95-98.
4. *Безруких, П.П.* Ветроэнергетика: Справочное-методическое пособие / под общей ред. П.П. Безруких. М.: «Интехэнерго-Издат», «Теплоэнергетик», 2014. 66 с.
5. *Николаев, В.Г.* Ветроэлектрические станции как альтернативный способ значительного увеличения электрогенерации России: Справочное-методическое пособие / под общей редакцией В.Г. Николаева, С.В. Ганага «Атмограф», 2008. С. 116-119.

СОСТАВЫ ДЛЯ РЕМОНТА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Д.А. Бачериков, М.А. Абрамов

Научный руководитель - **М.А. Абрамов**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Дефекты, возникающие при строительстве зданий и сооружений из монолитного железобетона, могут понизить несущую способность той или иной конструкции. При этом появляется риск и угроза безопасности зданий и сооружений, как в период строительства, так и в стадии эксплуатации. Для ремонта таких конструкций рассматривается метод инъектирования (инъектирования), с целью повышения несущей способности поврежденных железобетонных конструкций, вплоть до проектной.

Ключевые слова: Повреждения монолитных железобетонных конструкций, инъектирование железобетона, инъекционные составы, ремонт монолитного железобетона

COMPOSITIONS FOR REPAIR OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

D.A. Bacherikov, M.A. Abramov

Scientific Supervisor – **M.A. Abramov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Defects occurring during the construction of buildings and structures made of monolithic reinforced concrete can reduce the bearing capacity of a particular structure. In this case, there is a risk and threat to the safety of buildings and structures, both during construction and during operation. In order to repair such constructions the method of injection is considered, with the purpose to increase carrying ability of damaged reinforced concrete constructions up to the designed one.

Keywords: Damages of monolithic reinforced concrete structures, injection of reinforced concrete, injection formulations, repair of monolithic reinforced concrete

На сегодняшний день активно распространяется строительство домов из монолитного железобетона из-за его низкой себестоимости и

быстроты возведения. Однако, не смотря на прочность и долговечность бетонных и железобетонных конструкций, они подвергаются воздействию агрессивной окружающей среды, различным разрушениям под действием силовых факторов или механическим повреждением. Образующиеся вследствие разных причин дефекты приводят к снижению, как несущей способности, так и к ухудшению эксплуатационных характеристик зданий и сооружений.

К основным дефектам монолитных железобетонных конструкций на строительной площадке можно отнести следующие пункты, согласно [1, 2]:

- Отклонение свойств бетонной смеси от проектных показателей;
- Отклонение от проекта в расстоянии между арматурными стержнями;
- Нарушение защитного слоя бетона у арматуры;
- Нарушения в анкеровке или перепуске арматурных стержней;
- Плохая связь старого и нового бетона в зоне рабочего шва бетонирования;
- Непроектный рабочий шов бетонирования при перерывах в бетонировании;
- Отклонения фактических геометрических параметров конструкций от проектных показателей;
- Неудовлетворительный прогрев, допущение замораживания бетона при твердении бетонной смеси;
- Наличие прогибов и деформаций конструкций, связанных с перегрузкой конструкций в процессе строительства, повреждение конструкций.



Рис. 1. Непроектный рабочий шов бетонирования при перерывах в бетонировании

Дефекты при обследовании железобетонных конструкций могут привести к потере несущей способности и эксплуатационных свойств конструкций, а так же потерю безопасной эксплуатации здания или сооружения.

Основной задачей ремонта бетонных и железобетонных конструкций является предотвращение дальнейшего разрушения и недопущение потери несущей способности строительных конструкций. Следовательно, необходимо обеспечить совместную работу ремонтного состава со старым бетоном, при этом необходимо гарантировать долговечность отремонтированной конструкции. Этого можно достичь при помощи правильного применения ремонтных составов и оборудования. Список некоторых ремонтных составов, на различных основах, с их стоимостью приведен в таблице 1.

Таблица 1. Составы для ремонта железобетонных конструкций

№ п.п.	Наименование	Характеристики	Стоимость
1	Стармекс РМ2 – тиксотропный полимер модифицированный беззудачный ремонтный состав	Материал – Цементная основа. Расход - Примерно 1,85 кг/м ² при нанесении слоем толщиной 1 мм.	От 1 375,00 руб/упак.
2	INDASTRO RC-45 Профскрин ремонтный состав для бетона	Материал – Тиксотропный тип, содержащий полимерную фибру. Расход - Примерно 2 кг/м ² при нанесении слоем толщиной 1 мм. Применяется для конструкционного ремонта бетонных конструкций.	От 2 190,00 руб/упак.
3	КСГ ПРО 20 быстрореагирующая инъекционная пена	Материал – Однокомпонентная полиуретановая пена низкой вязкости. Для остановки воды методом инъектирования.	От 16 640,00 руб/упак
4	КСГ ПРО 28 гидроактивная полиуретановая вспенивающаяся 2К инъекционная смола	Материал – Продукт на основе гидроактивной полиуретановой смолы, без содержания растворителей. Для инъекций во влажные швы, трещины, пустоты.	От 43 280,00 руб/упак

№ п.п.	Наименование	Характеристики	Стоимость
5	FIS EM Plus 390 S PROM Инъекционный состав Fischer универсальный для бетона.	Материал – Эпоксидная смола. Применяется для монтажа тяжелых стальных конструкций, соединителей слоев бетона, краевых железобетонных балок, шумопоглощающих барьеров.	От 3 371,19 руб/шт.
6	Акрилатный инъекционный гель HASOIL ГЕЛЬАК-РИЛ	Материал – Двухкомпонентный состав на основе акриловых смол. Применяется для гидроизоляции, герметизации трещин, при смешивании с цементом - гидроизоляция и упрочнение конструкций, заполнение пустот	От 84 150,00 руб/упак.

В зависимости от характера дефекта различают два вида ремонта – не конструкционный и конструкционный.

- Неконструкционный ремонт - устранение дефектов поверхности бетона железобетонных конструкций, не влияющих на несущую способность элементов сооружения.
- Конструкционный ремонт – устранения дефектов, влияющих на возможность безопасной эксплуатации конструкций, с целью повышения долговечности сооружений и восстановления несущей способности.

Конструкционное заполнение трещин – инъектирование твердотельными материалами, имеющими адгезию к бетонной поверхности, способными воспринимать нагрузку и передавать напряжения [3].

Инъектирование (инъектирование) – метод ремонта строительных конструкций путем нагнетания инъекционного материала под давлением для заполнения трещин, пустот и полостей в конструкции, а также прилегающей зоны за конструкцией для восстановления ее эксплуатационных свойств [4].

Инъекционная ремонтная смесь включает в себя материалы, закачиваемые в строительную конструкцию под давлением, следующего происхождения:

- На минеральной основе;
- На полимерной основе;
- Гидроактивные пены;
- Полиуретановые смолы;
- Составы на базе эпоксидных смол;
- Акрилатные гели.

Данные материалы обладают широким диапазоном реологических и физико-механических характеристик. Свойства материалов регулируются соотношением исходных компонентов и инертных и активных минеральных и химических добавок [5].

Из литературных источников известно [5], что ремонт железобетонных конструкций при помощи инъектирования не имеет каких-либо ограничений по величине, назначению или состоянию объектов. При использовании такого способа ремонта, можно добиться экономического эффекта, выполнять работы в труднодоступных местах, а так же в короткие сроки. К минусам такого способа можно отнести: высокую стоимость используемых расходных материалов, затраты на оборудование и повышенные требования к профессиональной подготовке рабочих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31937-2011. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Введ. 2012-12-27. – М.: Стандартинформ, 2014. 89 с.
2. СП 70.13330.2012. Свод правил. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. М.: Изд-во стандартов, 2013. 205 с.
3. СТО 71576162.002-2018. Материалы и технологии для ремонта, гидроизоляции и защиты строительных конструкций. М.: АО «НИЦ «Строительство», 2018. 51 с.
4. СП 72.13330.2016. Свод правил. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 3.04.03-85 (с изменением № 1). М.: Изд-во стандартов, 2017. 55 с.
5. *Шилин, А.А.* Инструкция по устройству инъекционной гидроизоляции при строительстве и реконструкции зданий и сооружений: метод. пособие / А.А. Шилин, М.В. Зайцев и др. М.: ЗАО «Триада-Холдинг», 2017. 99 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ (ТИМ) ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ
УСКОРЕННОГО ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ
ЖИЛЫХ ДОМОВ**

Ю.А. Котов, М.А. Абрамов

Научный руководитель – **М.А. Абрамов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается влияние технологии информационного моделирования на ускорение возведения зданий и сооружений с монолитным железобетонным каркасом на всех его жизненных этапах.

Ключевые слова: технология информационного моделирования, ускоренное возведение, сценарии ТИМ, цифровой двойник.

**THE USE OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)
FOR THE IMPLEMENTATION OF ACCELERATED
CONSTRUCTION OF MONOLITHIC
RESIDENTIAL BUILDINGS**

Y.A. Kotov, M.A. Abramov

Scientific Supervisor – **M.A. Abramov**, Candidate of Technical Sciences Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The influence of building information modeling on the acceleration of the construction of buildings and structures with a monolithic reinforced concrete frame at all its life stages is considered.

Keywords: building information modeling, accelerated construction, BIM uses, digital twin.

Сегодня одним из важнейших факторов для крупных девелоперов рынка в строительстве является скорость возведения зданий и сооружений [1]. С введением новых поправок 214-ФЗ «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и

о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации строительным компаниям требуется обращаться в банки за финансированием. С быстрым возвратом кредита застройщиком получается меньшая оплата процентов и быстрое получение денег с эскроу-счетов. На скорость строительства влияют ее основные принципы [2], которые закладываются в основу строительного процесса и позволяют сделать строительство максимально оптимизированным. Ими являются: системность, безопасность, гибкость, ресурсосбережение, качество и эффективность. Таким образом, специалисты строительного рынка [3] отмечают, что основными факторами, влияющими на скорость строительства, являются:

1. Сложность строительных процессов (Системность);
2. Качество проектирования (Качество);
3. Оптимально подобранная технология выполнения работ (Эффективность);
4. Наличие и проработка календарно-сетевых графиков (Гибкость и эффективность),
5. Качество материалов и оборудования, используемое в строительстве (Ресурсосбережение и качество)
6. Компетенции строителей (Безопасность и качество).

Для решения первого, второго и четвертого факторов может использоваться технология информационного моделирования (ТИМ). Информационное моделирование не обратимо [4]. Оно позволяет не только не допустить ошибок еще на стадии проектирования, но и применять сценарии для решения комплекса задач [5]. Стоит заметить, что с новыми законами, например, постановление правительства РФ № 331 от 05.03.2021, согласно которым обеспечивается формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства, использование ТИМ на некоторых объектах стало не только актуальным, но и обязательным. В таблице 1 приведены сценарии по решению типичной сформулированной ошибки строительства, влияющей на скорость строительства.

Таблица 1. Решение проблем с помощью сценариев ТИМ

№ п/п	Формулирование проблемы	Влияние на скорость строительства	Решение с помощью ТИМ
1	2	3	4
Существующие практики сценариев ТИМ			
1	Изменение параметров здания/сооружения или его конструкций	Требуется большое количество времени и ресурсов для корректного внесения изменения	Оперативное изменение модели и вследствие – быстрая выдача рабочей документации для заказчика
2	Запрос на вариации внешнего облика здания/сооружения	Требуется время на разработку новых 3D моделей для визуализаций	Оперативное создание реалистичной графики на основании модели для представления заказчику
3	Увязка с существующими на местности объектами	Требуется большое количество времени и ресурсов для корректной увязки	Быстрая координация и мониторинг модели здания на оцифрованной местности застройки
5	Проверка ошибок проектирования	Обнаружение ошибки на этапе строительства и следовательно его возможное замедление	Автоматизированная проверка на соответствие нормативной документации. Например, отсутствие жилых помещений над помещениями с влажным режимом работы.
6	Планирование строительства	Требуется большое количество времени и ресурсов для подсчета объемов, деления их по категориям и присвоении временных рамок поставок	Удобная увязка модели с календарным графиком и наоборот для предположительного отслеживания строительства здания во времени и мониторинга за отставанием или опережением возведения.
Перспективные практики сценариев ТИМ			
7	Расчет конструкции здания и его изменение при требовании	Требуется большое количество времени и ресурсов для корректного внесения изменения в параметрах здания	Удобный и быстрый вывод аналитической модели из программного обеспечения (ПО), где разрабатывается родительская мо-

			дель, для дальнейшего дополнения и расчета в смежном ПО.
8	Неправильный вынос осей здания на местности	Ошибки при строительстве и трата времени на их исправление	Проверка выноса осей здания посредством мониторинга с помощью видеокамер высокого разрешения и сравнением с информационной моделью (ИМ)
9	Монтаж инженерных сетей не в проектное положение	Ошибки при строительстве и трата времени на их исправление	Строительный контроль фактического устройства инженерных сетей с помощью систем облаков точек и съемки с дронов
10	Безопасность строительства	Трата времени за соблюдением техники безопасности и разбирательства в случае нарушения или травмы	Добавление в модель фактических опасных зон и соединение этого с умной системой для предупреждения и предотвращения аварий, травм и несчастных случаев на строительной площадке. Реализация одного из этапов принципа SafetyFirst
11	Неактуальная бумажная документация	Строительство по неактуальным чертежам и следовательно дальнейшее исправление ошибок	Уменьшение бумажной документации посредством внедрения облачных сервисов и портативной техники, способной вывести на экран электронную версию чертежей, показать модель и ее элементы в 3Dc ссылками к чертежам

Таким образом, ТИМ способна закрыть множество задач и сэкономить время не только на этапе проектирования, но и на последующих этапах жизненного цикла здания/сооружения. В таблице выше выделяются разнообразные сценарии технологии информационного моделирования, которые тем или иным образом способны реализоваться и использо-

ваться повсеместно. Итогом формирования сценариев может быть снижение временных и трудовых затрат в строительстве, а также снижение травматизма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Домброва, Е.Н.* Строительное ускорение. Статья в новостном портале. URL: <https://plus.rbc.ru/news/60b8c5497a8aa94b372be884>
2. *Теличенко? В.И.* Технология строительных процессов: В 2 ч. Ч. 1.: Учеб. Для строит. Вузов / В.И. Теличенко, О.М. Терентьев., А.А. Лапидус. 2-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк., 2005. 392 с..
3. *Суровицын, Ю.М.* Идем на ускорение: что поможет повысить темпы строительства. URL: <https://strategyjournal.ru/ekonomika-i-biznes/idem-na-uskorenie-chno-pomozhet-povysit-tempy-stroitelstva-v-rossii/>
4. *Аблязо, Т.Х.* Цифровая трансформация строительной сферы как способ роста ВВП России / Т.Х. Аблязов, И.С. Петров, А.О. Михайлова // Инновации и инвестиции. 2019. № 10. С. 400–405.
5. *Шарманов, В.В.* Применение BIM-технологии для моделирования безопасных условий труда на строительной площадке / В.В. Шарманов, В.И. Кораблин, К.Д. Михайлов // IV Международная научно-практическая конференция BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры, 2021 г., Санкт-Петербург: сб. материалов конф. [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2021. 552 с. URL: https://www.spbgasu.ru/upload/medialibrary/24c/e0k35vpbj47r4xobsu4v1f7k51w9pn50/BIM_2021.pdf

**ОЦЕНКА ТРЕБОВАНИЙ К КОНСЕРВАЦИИ ОБЪЕКТОВ
НЕЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И АНАЛИЗ
ПОСЛЕДСТВИЙ НЕВЫПОЛНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ
КОНСЕРВАЦИИ НА КОНКРЕТНОМ ОБЪЕКТЕ**

А.Н. Мазаева, М.А. Абрамов

Научный руководитель – **М.А. Абрамов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье содержится описание метода консервации объектов незавершенного строительства, основные причины необходимости использования метода, а так же демонстрация на конкретном объекте последствий невыполнения консервации недостроенного жилого здания. Основная цель работы – исследование взаимосвязи невыполнения требований консервации и степени серьезности последствий в реальных условиях эксплуатации

***Ключевые слова:** консервация, объект незавершенного строительства, дефект, последствия, многоэтажное здание, реальные условия эксплуатации*

**ASSESSMENT OF REQUIREMENTS FOR PRESERVATION
OF THE OBJECTS OF INCOMPLETE CONSTRUCTION
AND ANALYSIS THE CONSEQUENCES
OF NON-COMPLIANCE PRESERVATION
IN A SPECIFIC BUILDING**

A.N. Mazaeva, M.A. Abramov

Scientific Supervisor – **M.A. Abramov**, Candidate of Sciences
in Technology, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article contains a description of the method of preservation of the objects of incomplete construction, the main reasons for using the method, and also the demonstration of the consequences of non-compliance preservation an unfinished residential building in a specific example. The main purpose of the article is investigation the relationship between non-compliance preservation and the severity of consequences in real operating conditions.

Keywords: preservation, the objects of incomplete construction, defect, consequences, apartment building, real operating conditions

Консервация объекта - это приведение объекта и используемой для его возведения территории (строительной площадки) в состояние, обеспечивающее для конструкций, материалов и оборудования прочность, устойчивость и сохранность, а также безопасное существование объекта и строительной площадки для населения и окружающей среды [3]. Иными словами, консервация – это прекращение эксплуатации объекта на определенный срок с возможностью ее возобновления в связи с проведением комплекса мероприятий, призванных обеспечить сохранность и исправность объекта в период простоя. Она проводится при необходимости приостановки строительства на срок 6 и более месяцев [4].

Строительные компании вынуждены приостанавливать выполнение работ и проводить консервационные мероприятия по ряду причин, таких как: отсутствие средств на продолжение выполнения строительно-монтажных и иных видов работ; нецелесообразность вложения денежных средств в строительство объекта в данный период времени; грубые нарушения на стадии проектирования, обнаруженные в процессе строительства; несоответствие возводимого объекта современным требованиям.

К основным и наиболее важным консервационным мероприятиям относятся: завершение выполнения основных постоянных и временных конструкций, несущих проектные нагрузки; монтаж оборудования, способного закрепить неустойчивые конструкции и элементы, или, при невозможности монтажа дополнительного оборудования, полный демонтаж таких конструкций и элементов; закрытие или полное устранение крупных отверстий и люков; приведение технологического оборудования, при наличии, в безопасное состояние; отключение основных и временных инженерных коммуникаций, не требующихся в период консервации объекта; принятие мер по недопущению внутрь объекта и на территорию строительной площадки посторонних лиц [2].

Для исследования консервационных мероприятий рассмотрим их применимо к конкретному зданию - объекту незавершенного строительства многоквартирного жилого дома, расположенного по адресу: г. Ярославль, ул. Жуковского, д. 29б. По состоянию на начало 2023 года объект находится в стадии незавершенного строительства в течение 8 лет, в здании возведено 9 полных этажей, частично стены и пилоны 10 этажа, высота возведенной части составляет 30,00 м. Отсутствие проведения своевременных консервационных мероприятий привело к появлению существенных дефектов и повреждений конструкций и отдельных элементов.

1) Повреждение гидроизоляции и теплоизоляции всех подвальных помещений в связи с затоплением грунтовыми и атмосферными водами, несанкционированные механические воздействия на изолирующие конструкции по всему периметру.



Рис. 1. Повреждения подвального помещения объекта

При консервации объекта обмазочная гидроизоляция подвального помещения должна укрываться влагостойким утеплителем. Отверстия для подведения инженерных сетей закрываются листами фанеры или металлическими элементами.

2) Продольные и поперечные трещины межэтажных монолитных железобетонных пилонов шириной раскрытия до 4 мм и длиной от 800 мм.



Рис. 2. Повреждения пилона 1-го этажа

3) Высокая степень повреждения газосиликатных блоков наружных стен, образовавшаяся из-за постоянного увлажнения и частого замораживания с постепенным истощением морозостойкости.



Рис. 3. Частичная кладка наружных стен из газосиликатных блоков

Защита монолитных конструкций здания от намокания, коррозии, растрескивания выполняется укладкой насухо слоя гидроизоляционного материала. Верхние грани конструкций защищаются проклейкой полосы гидроизоляции, в стыки стен и пилонов наносится герметик.

Для восстановления технических характеристик объекта и возобновления строительства необходимо проведение комплекса ремонтных мероприятий, включая демонтаж некоторых элементов здания. В случае отсутствия на текущий момент времени ресурсов для возобновления строительства, необходимо выполнить консервационные мероприятия согласно [3,4], чтобы предотвратить дальнейшее разрушение здания и образование аварийных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции (НИИОСП) - институт ОАО "НИЦ "Строительство», утв. приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. N 109/ГС и введен в действие с 1 июля 2013 г. (С Изменениями N 1, 3, 4).
2. СП 48.13330.2019. «Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004» (с Изменением N 1). Введ. 2011-05-20. -М.:ОАО "ЦНС", 2011.
3. Постановление Правительства РФ от 30 сентября 2011 г. N 802 "Об утверждении Правил проведения консервации объекта капитального строительства" (с изменениями и дополнениями). URL: <https://base.garant.ru/>
4. Программа (порядок) консервации объектов капитального строительства различного назначения, строительство которых приостановлено. Введ. 2008-10-01. - М: ОАО "ЦНС", 2008. URL: <https://docs.cntd.ru/>

ОЦЕНКА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БЕТОНА

Ю.И. Савчук, М.А. Абрамов

Научный – **М.А. Абрамов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Аннотация: На основе изменения цвета органического красителя – родамина В на поверхности бетона под действием ультрафиолетового излучения была проведена экспериментальная оценка фотокаталитической активности бетона. Показано, что введение диоксида титана в бетон способствует самоочищению его поверхности.

Ключевые слова: бетон, фотокаталитический бетон, TiO_2 , очистка воздуха, самоочистка, органический пигмент, ультрафиолетовое излучение

EVALUATION OF PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF CONCRETE

I.I. Savchuk, M.A. Abramov

Scientific Supervisor - **M.A. Abramov**, Candidate of technical,
Docent, head of the Department TCP.

Yaroslavl State Technical University

Abstract: Based on the change in the color of the organic dye - rhodamine B on the surface of concrete under the action of ultraviolet radiation, an experimental assessment of the photocatalytic activity of concrete was carried out. It is shown that the introduction of titanium dioxide into concrete promotes self-cleaning of its surface.

Keywords: Concrete, Photocatalytic Concrete, TiO_2 , Air purification, Self-cleaning, Organic pigment, Ultraviolet radiation

Фотокаталитический бетон способен очищать атмосферный воздух благодаря фотокаталитической реакции протекающей на его поверхности. При воздействии Уф излучения на катализаторе образуются вещества с высокой окислительной способностью, которые разлагают попадающие на поверхность катализатора загрязняющие вещества на без-

вредные, а также воду и углекислый газ, которые могут быть смыты дождевой водой или путем промывки. Данный вид бетонов может быть использован при производстве: стеновых облицовочных панелей, напольной плитки, черепицы, звукопоглощающих панелей и др.

Добавление TiO_2 в бетон позволит не только сэкономить на отделке зданий, но и избавит от необходимости постоянной очистки фасадов. Все это будет способствовать сохранению декоративности внешнего вида здания.

Для оценки фотокаталитической активности применяется метод, описанный в работе [1]. Было изготовлено 4 партии образцов бетона (рис. 1): контрольный образец и три образца бетона с TiO_2 в различных процентных соотношениях. Для окраски приготовлен раствор красителя родамина Б, который наносился на поверхность образцов. Ультрафиолетовая лампа (УФ-А, ~ 405 нм), установлена на высоте около 30 см от образцов.

















Количество оксида титана, %	До нанесения	Сразу после нанесения	По истечению	
			4 часов	24 часов
0%				
2%				
5%				
10%				

Рис. 1. Образцы фотокаталитического бетона с 15 %, 10 %, 5 % и 0 % добавлением TiO_2 , до и после нанесения красителя родамина Б

После нанесения красителя проведено измерение цвета поверхности (с помощью визуального наблюдения и фотографирования) по системе CIELAB с использованием цветовых координат $L^* a^* b^*$, где L^* – светимость, a^* и b^* – координаты колориметрии, которые представляют собой измерение цветового тона в двухмерной плоскости. Анализ цифровых данных изображений произведен с помощью программного обеспечения ImageJ. Оценка фотокаталитической активности рассчитывалась по формулам [4] через 4 часа:

$$\text{При } 0\% \text{ TiO}_2 R_4 = \frac{a_0 - a_4}{a_0} * 100 = 2,18 \text{ (1);}$$

$$\text{При } 2\% \text{ TiO}_2 R_4 = \frac{a_0 - a_4}{a_0} * 100 = 12,61 \text{ (2);}$$

$$\text{При } 5\% \text{ TiO}_2 R_4 = \frac{a_0 - a_4}{a_0} * 100 = 39,40 \text{ (3);}$$

$$\text{При } 10\% \text{ TiO}_2 R_4 = \frac{a_0 - a_4}{a_0} * 100 = 25,97 \text{ (4),}$$

где a_0 – значение цветовой координаты в нулевой момент времени;

a_4 – значение цветовой координаты после 4 часов УФ излучения;

По значению цветовой координаты в разные моменты времени рассчитывается фотокаталитическая активность. Результаты анализа отражены в диаграмме, представленной на рис. 2.

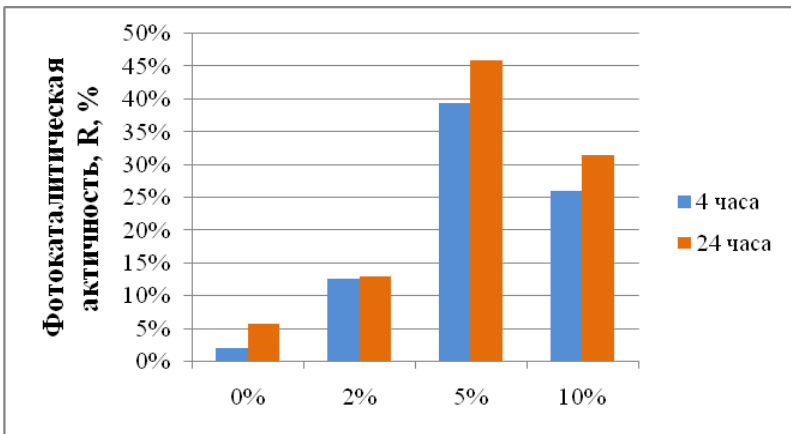


Рис. 2. Результаты обесцвечивания родамина Б для каждого образца

Выводы. По результатам проведенного исследования оценки фотокаталитической активности добавок можно сделать следующие выводы:

– введение диоксида титана в бетон способствует самоочищению его поверхности по сравнению с контрольным образцом;

– образцы без диоксида титана не проявили своей фотокаталитической активности, несмотря на то, что со временем в результате высыхания небольшое обесцвечивание красителя все же наблюдалось.

– оптимальным количеством добавление TiO₂ на массу цемента является 5 %, что также отмечалось в [5], как партия с наиболее равномерным распределением TiO₂ по поверхности образцов.

Выполненные исследования показали эффективность используемых в работе добавок в качестве фотокатализатора, обеспечивая их высокую фотокаталитическую активность в бетоне. Однако прочность бетон-

ных образцов падает, что ограничивает возможность применения фотокаталитического бетона. Необходимо провести исследования его водостойкости и морозостойкости для принятия окончательного решения о целесообразности использования фотокаталитического бетона в качестве фасадного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крушельницкая, Е.А. Оценка фотокаталитической активности бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021 № 4 С. 13–20.
2. Антоненко, М.В. и др. Фотокаталитически активные самоочищающиеся материалы на основе цемента. Составы. Свойства. Применение // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020 № 3 С. 16–25
3. Лукотцова Н.П. и др. Фотокаталитическое покрытие на основе добавки нанодисперсного диоксида титана // Строительные материалы. 2015. №11. С. 5–8.
4. UNI 11259:2016. Photocatalysis - Determination of the photocatalytic activity of hydraulic binders - Rodamina test method.
5. Фрайнт, М.А. Разработка фотокаталитического бетона для очистки атмосферного воздуха и обоснование экологической безопасности строительных конструкций на его основе. Москва, 2016.

«ЗЕЛЕНАЯ» РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ТИМ)

А.В. Владимирова, С.В. Хатюшин

Научный руководитель – **С.В. Хатюшин**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье раскрываются вопросы значимости и актуальности реконструкции промышленного объекта по «зеленому» ГОСТу в условиях интегрированного перепрофилирования городской инфраструктуры. Рассматриваются варианты современных фасадных систем и инженерные коммуникации, как неотъемлемые составляющие энергоэффективной модернизации здания. Исследуется создание цифровой модели реконструируемого здания, как способ управления актуализированными данными на различных стадиях жизненного цикла.

Ключевые слова: реконструкция промышленного здания, «зеленый» ГОСТ, энергоэффективность, фасадная система, инженерные коммуникации, технология информационного моделирования, цифровая информационная модель, жизненный цикл

"GREEN" RECONSTRUCTION INDUSTRIAL BUILDINGS USING INFORMATION MODELING TECHNOLOGY (TIM)

A.V. Vladimirova, S.V. Khatyushin

Scientific Supervisor – **S.V. Khatyushin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article reveals the issues of significance and relevance of the reconstruction of an industrial facility according to the "green" GOST in the conditions of integrated reprofiling of urban infrastructure. Variants of modern facade systems and engineering communications are considered as integral components of energy-efficient modernization of the building. The creation of a digital model of a reconstructed building is investigated as a way to manage updated data at various stages of the life cycle.

Keywords: reconstruction of an industrial building, "green" GOST, energy efficiency, facade system, engineering communications, information modeling technology,

Здания советского времени, построенные в соответствии нормам и требованиям своей эпохи, в настоящее время физически и морально устарели. В условиях изменения промышленных технологий и модернизации производств высвобождаются существующие производственные площади. Предприятия исторически строились на окраинах города, но по мере застройки городских поселений, оказались в черте города и, зачастую, в центральных районах. Такое расположение нефункционирующего здания является убыточным в перспективе. С точки зрения градостроительства нерационально занимает ценные площади. «Простой» производственных зданий негативно влияет на экологическую, экономическую и социальную обстановку целых городов. В 2022 году был введен в действие «зеленый» ГОСТ с конкретными критериями в области строительства и эксплуатации для оценки комфортной и экологически безопасной среды, экономической эффективности [1]. Тенденция общества к «экологизации» пространства диктует увеличение «жизнеспособности» существующего строительного фонда – перепрофилирование освободившихся промышленных сооружений.

Как выполнить реконструкцию промышленного объекта, соответствующую параметрам «зеленого» стандарта? На начальном этапе необходимо определить состояние конструктивной основы и то, насколько новое функциональное назначение согласуется с генпланом развития города, считают Малков И.Г. и Руденкова И.В [2]. В качестве объекта исследования выбран корпус фабрики технических тканей АО «Корд», расположенного в центральной части города Ярославль. Год постройки неотапливаемого здания, служившего гаражом и складом готовой продукции – 1932. Две отапливаемые пристройки к зданию построены ориентировочно в 1965 году. Было выполнено обследование технического состояния строительных конструкций с фотофиксацией выявленных дефектов. Некоторые из обнаруженных дефектов представлены на рис. 1 и 2.

В целом, здание находится в работоспособном техническом состоянии. Необходимо выполнить ремонт отдельных несущих конструкций. Наружные кирпичные стены не могут обеспечить необходимый температурный режим теплых помещений, не предназначены в качестве конструктивного элемента для крепления дополнительной нагрузки. Требуется выполнить разборку кирпичной кладки наружных стен с последующим возведением и устройством качественного остекления, организовать водоотвод с кровли. Таким образом, возможно проведение реконструкции без изменения внешних границ по периметру здания с дальнейшим изменением функционального назначения.



Рис. 1. Фотофиксация технического состояния строительных конструкций:

1 – главные и второстепенные балки покрытия в работоспособном состоянии; 2 – железобетонные колонны имеют разрушения защитного слоя бетона, оголение арматуры; 3 – рамы остекления в неудовлетворительном состоянии, разрушение главной балки консоли



Рис. 2. Фотофиксация фасадов объекта перепрофилирования

Предлагается концепция перепрофилирования неэксплуатируемого промышленного здания в офисно-выставочные пространства (рис. 3). Проектирование новых объемов направлено на реализацию функционального зонирования помещений под нужды арендодателей. Высокие потолки позволяют разделить пространство на два яруса с помощью антресоли. На втором ярусе по периметру здания устанавливается остекление для естественного освещения и воздухообмена помещений. Обновленный внешний облик повторяет некоторые элементы старого промышленного объекта: рамы остекления, ворота, выступающие «утепленные» железобетонные конструкции.



Рис. 3. Концепция перепрофилированного промышленного объекта

Размещение объектов перепрофилирования в центральной части города привлекательно для аренды, позволяет привлечь инвестиции и извлечь больше прибыли, чем от «изжившего себя» промышленного предприятия, и одновременно повышает уровень привлекательности городского пространства. Тенденцию к наибольшему распространению направления в архитектурном перепрофилировании – из промышленного здания в общественное и жилое – отметили в своем исследовании Дианова-Клокова И.В., Метаньев Д.А [3]. Основная идея заключается в приведении здания к соответствию критериям недавно введенного «зеленого» ГОСТа. Система критериев даст характеристику зданию, как современному и энергоэффективному. Рассчитать предполагаемый эффект: рационально распределить ресурсы для достижения роста рентабельности на стадии проектирования реконструкции, рассчитать уменьшение срока окупаемости затрат и достичь сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу.

Один из основных критериев «зеленой» реконструкции – энергоэффективность класса А и выше. Устаревшие промышленные здания имеют большое количество дефектов и повреждений в стеновых ограждающих конструкциях, из-за чего выглядят непрезентабельно, а также нарушается тепловой контур здания, образуются мостики холода. Выбор основательной фасадной системы и соблюдение технологии монтажа – в дальнейшем позволят избежать постоянных затрат на ремонт и реконструкцию фасада. От качества фасада также зависит долговечность основных стеновых конструкций, пожарная безопасность здания и безопасность прилегающих территорий. Широко востребованы два метода утепления фасадов реконструируемых зданий – вентилируемые фасады и «мокрые». Медведев А.В. в своем исследовании [4] выявил особенности применения каждой системы в зависимости от поставленных целей. «Мокрые фасады» не смотря на небольшую стоимость, малый вес и высокий уровень тепло- и звукоизоляции, ограничены в технологии монтажа. Составляющие компонентов чувствительны к природным факторам – влияние температуры и влажности воздуха при производстве работ, также характерна быстрая загрязняемость и трудозатратное очищение. Современные фасадные вентилируемые системы имеют много преимуществ. Такие системы предлагают возможность создания зданий с улучшенной энергоэффективностью, позволяют интегрировать в систему различные виды облицовки, повышают ремонтпригодность системы, имеют полную пожарную безопасность, технология монтажа почти исключает мокрые процессы. Объемный вес конструкции составляет около 50 кг/м², не критично увеличивает нагрузку на несущие конструкции. Качественная установка фасадных систем, создание привлекательного фасада с истечением длительного времени компенсируется экономическим эф-

фактом.

Оценка по параметрам рационального водопользования, использования материалов, ресурсоэффективности и безопасности эксплуатации здания определяет контроль статьи расходов на содержание объекта. Повысить инвестиционную привлекательность проекта можно за счет снижения энергозатрат и соответствующих расходов в период эксплуатации. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха – наиболее крупные потребители тепловой энергии, поэтому замена инженерных коммуникаций являются неотъемлемой частью энергоэффективной модернизации здания. Интегрированная в здание котельная, позволит экономно использовать выработанную тепловую энергию и эффективно регулировать температуру помещений, а также снизить эксплуатационные затраты на энергоресурсы до 50 % в сравнении с центральным теплоснабжением. Современная приточно-вытяжная система вентиляции воздуха основана на процессе рекуперации. Она позволяет повторно использовать тепло удаляемого отработанного воздуха для подогрева свежего приточного в зимний период, и охлаждать в летний период. Также важна согласованная и автоматизированная работа систем и сетей здания для борьбы с нерациональным использованием энергоресурсов с помощью системы «умный дом». Применение энергосберегающих систем, например, управление температурой в системах приточно-вытяжной вентиляции с рекуператором, окна из шестикамерного профиля, у которых автоматизировано открывание фрамуги для дистанционного регулирования микроклимата в помещениях [5].

Польза от применения BIM-технологии на различных стадиях жизненного цикла здания велика. Создание цифровой информационной модели решает вопросы на этапе проработки идеи в начале реконструкции. Осуществление поиска и устранения существенных коллизий позволяет снизить незапланированные затраты на этапе осуществления реконструкции. Хранение оптимального объема данных, «обновление» информационной модели путем создания новых актуальных информационных моделей позволяет принимать быстрые управленческие решения при появлении непредвиденных обстоятельств. В трехмерной модели нагляднее и быстрее делить пространства, расставлять предметы интерьера. При помощи экспорта модели в специализированные программы можно выполнить расчет естественной освещенности и проверить результаты по нормативным требованиям. Также выводить автоматически посчитанные значения площадей объектов в табличной форме для определения объемов предстоящих работ. Эксплуатация реконструируемого объекта с помощью информационной модели заключается в эффективной организации процессов обслуживания и управления.

Вывод: «зеленая» реконструкция корпуса АО «Корд» – продление

жизненного цикла промышленного здания в новом функциональном назначении, соответствующем современным нормативным требованиям. Арендруемые общественные помещения в центре города – это актуальная стратегия развития, позволяющая стать объекту перепрофилирования точкой притяжения, важным культурно-просветительским объектом. Энергоэффективность достигается путем начальных вложений в качественные фасадные системы и в современные инженерные коммуникации, в дальнейшем позволяет распределить ресурсы и окупить затраты, и в течение десятков лет получать прибыль. Для грамотного управления «жизнедеятельностью» здания важно вносить актуальные данные в цифровые информационные модели на протяжении всех этапов жизненного цикла реконструируемого объекта. Ожидается, что предполагаемый высокий уровень оцениваемого здания, а также соответствие этому уровню на стадии эксплуатации, будет способствовать широкому внедрению передовых «зеленых» и информационных технологий строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 70346-2022 "Зеленые" стандарты. Здания многоквартирные жилые "зеленые". Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации. – М. : Минстрой РФ, ДОМ.РФ, 2022
2. *Малков, И.Г.* Предпосылки, целесообразность и особенности перепрофилирования зданий / И.Г. Малков, И.В. Руденкова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2021. № 16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/predposylki-tselesoobraznost-i-osobennosti-reprofilirovaniya-zdaniy> (Дата обращения 08.02.2023).
3. *Дианова-Клюкова, И.В. и др.* К вопросу об инновационном преобразовании пространства памятников индустриальной архитектуры // Системные технологии. 2021. №1 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ob-innovatsionnom-preobrazovanii-prostranstva-pamyatnikov-industrialnoy-arhitektury> (Дата обращения 08.02.2023)/
4. *Медведев, А.А.* Обоснование технических решений фасадов реконструируемых промышленных зданий из условий энергосбережения и безопасности // Строительство: наука и образование. 2021. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-tehnicheskikh-resheniy-fasadov-rekonstruiuemyh-promyshlennykh-zdaniy-iz-usloviy-energoberezheniya-i-bezopasnosti> (Дата обращения 11.02.2023)/
5. *Кушнин, А.В.* Современные тенденции в сфере малоэтажного энергоэффективного строительства / А.В/ Кушнин, Р.И. Шенкман // Архитектура, строительство, транспорт. 2022. № 2 (100). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-tendentsii-v-sfere-malozhazhnogo-energoeffektivnogo-stroitelstva/viewer> (Дата обращения 20.02.2023).

**СОЗДАНИЕ УЧЕБНОЙ МОДЕЛИ ПЛАНОВОЙ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ РАЗБИВОЧНОЙ ОСНОВЫ
СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЯ ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫМИ
ПОСТРОЕНИЯМИ**

А.А. Петренко, В.А. Благова, И.А. Юмшанова, А.В. Давыдов

Научный руководитель – **А.В. Давыдов**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается вопрос дополнения материально-технической базы дисциплины «Геодезическое обеспечение производства строительных работ».

***Ключевые слова:** геодезическая разбивочная основа, координаты, линейно-угловые построения, лабораторная работа*

**CREATION TRAINING MODEL OF THE PLANNED
GEODETIC LAYOUT BASIS OF BUILDING CONSTRUCTION
BY LINEAR-ANGULAR CONSTRUCTION**

A.A. Petrenko, V.A. Blagova, I.A. Yumshanova, A.V. Davydov

Scientific supervisor – **A.V. Davydov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The issue of supplementing the material and technical base of the discipline "Geodetic support for the production of construction works" is considered.

***Keywords:** geodetic layout basis, coordinates, linear-angular constructions, laboratory work*

В практике преподавания дисциплины «Геодезическое обеспечение производства строительных работ» всегда уделялось значительное внимание получения навыков работы на геодезических приборах при решении различных задач, возникающих на разных этапах строительства объекта.

К сожалению, существующие лабораторные работы, посвященные созданию и использованию геодезической разбивочной основы строи-

тельства (далее по тексту ГРО), имеют своей направленностью получение навыков камеральной обработки результатов геодезических измерений.

Для устранения данного пробела в методике преподавания дисциплины было принято решение о создании учебной модели плановой ГРО. Данное решение было реализовано в аудитории для лабораторных работ. В качестве пунктов ГРО были использованы существующие визирные марки в количестве 9 штук (рис.1), расположенные на стенах аудитории и используемые в лабораторных работах по дисциплине «Инженерная геодезия». Для определения координат визирных марок, ГРО была дополнена временными напольными пунктами в количестве 4 штук, образующих замкнутый теодолитный ход. Схема расположения визирных марок и напольных пунктов представлена на рис. 2.



Рис. 1. Фотография визирной марки на стене аудитории

Требования к точности построения ГРО приняты по Своду Правил [1], как для зданий площадью застройки менее 10000 м^2 , и дополнены из Инструкции [2] по полигонометрии 2 разряда, за исключением требования к минимальному расстоянию стороны хода, так как размеры аудитории намного меньше 80 м.

В настоящее время линейно-угловые построения в условиях строительной площадки при создании ГРО выполняются электронными тахеометрами, но в материально-технической базе кафедры подобных приборов нет, зато имеется несколько теодолитов марок Т2, Т5, 2Т5 изготовившихся в 70-х годах прошлого века. По результатам проверок этих приборов был выбран лучший из них, им оказался один из теодолитов марки Т5.

Измерение углов в каждом напольном пункте производилось способом круговых приемов. Методика проведения измерений углов этим способом, допустимые погрешности изложены в Инструкции [2].

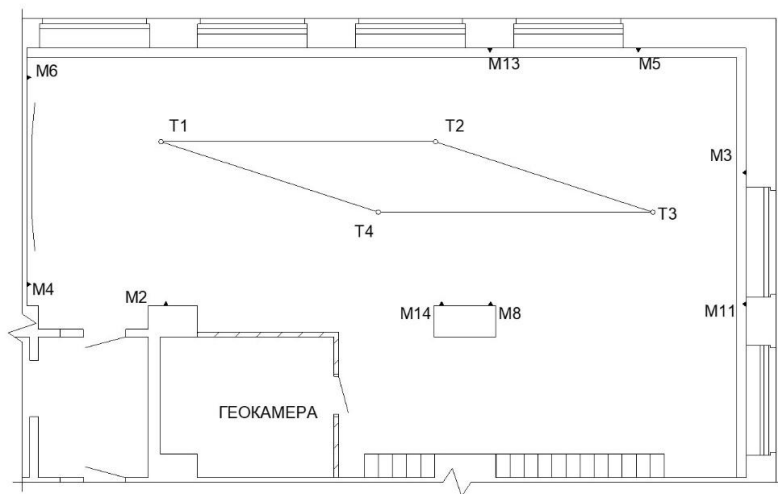


Рис. 2. Схема расположения визирных марок и напольных пунктов:
 M2–обозначение визирной марки
 T1 – обозначение напольного пункта

Так как расстояния между напольными пунктами не превышали 10 м, то было принято решение их измерение производить стальной рулеткой с назначением количества измерений каждой стороны по четыре раза и выполнением контроля по относительной погрешности измерения 1:5000.

Координаты пунктов найдены в условной системе координат, которая была задана путем присвоения напольному пункту T1 координат $X=100,000\text{ м}$ $Y=500,000\text{ м}$ и направлению T1-T2 значения дирекционного угла 300° , что соответствовало примерному направлению стрелки компаса на север. Расчет координат пунктов производился в два этапа. На первом этапе произведен расчет координат напольных пунктов по методике расчета координат вершин теодолитного хода Инструкция [2]. Угловая невязка хода составила $11''$ при допустимом значении $40''$, а относительная линейная невязка хода составила $0,00009$ при допустимом значении $0,0002$. На втором этапе производился расчет координат визирных марок по выражениям Юнга для прямой угловой засечки в нескольких комбинациях. Полученные значения координат представлены в таблице 1.

Таблица 1. Каталог координат визирных марок

Обозначение визирной марки	Координаты, м	
	X	Y
M2	103,204	501,472
M3	107,070	489,786
M4	101,020	504,037
M5	103,168	490,556
M6	97,537	502,027
M8	106,486	495,764
M11	109,081	490,960
M13	101,700	493,097
M14	105,951	496,664

Созданная учебная модель плановой ГРО позволит поставит новую лабораторную работу «Определение координат станции обратной угловой засечкой». Работы по этой лабораторной работе будут выполняться в два этапа:

- на первом этапе студенты будут производить измерения горизонтальных углов способом круговых приемов, используя для этого визирные марки ГРО;

- на втором этапе студенты будут выполнять расчет координат станции способом Деламбра в двух комбинациях, используя координаты визирных марок, на которые было выполнено визирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 126.13330.2017. Свод правил. Геодезические работы в строительстве. СНиП 3.01.03-84 (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 24.10.2017 N 1469/пр).
2. Инструкция по полигонометрии и трилатерации. М.: Недра, 1976. 104с.

СИСТЕМА ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Д.Ю. Граф, М.В. Лысанова

Научный руководитель – **М.В. Лысанова**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается переход составления смет от базисно-индексного метода к ресурсно-индексному методу.

***Ключевые слова:** ценообразование, смета, базисно-индексный метод, ресурсно-индексный метод*

PRICING SYSTEM IN THE RUSSIAN FEDERATION

D.Y. Graf, M.V. Lysanova

Scientific Supervision – **M.V. Lysanova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The transition of budgeting from the basic index method to the resource index method is considered.

***Keywords:** pricing, estimate, basic index method, resource index method*

Реализация национальных проектов по доступности жилья граждан невозможна без прямого участия в инвестиционно-строительной деятельности государства. Ежегодно на федеральном и территориальном уровнях создаются инвестиционные программы, отражающие приоритетные направления основных видов строительства. При формировании данных программ предполагают повышенный контроль основных участников инвестиционно-строительной деятельности в процессе формирования каждого этапа стоимости строительства. Такой контроль необходим

для обеспечения полноты, достоверности и обоснованности полученных данных при формировании стоимости строительства, показывающих эффективность реализации инвестиций, предоставляемых из бюджета, а также данный контроль требуется для разработки, корректировки и последующей реализации управленческих и организационных решений.



Рис. 1. Этапы определения стоимости в строительстве

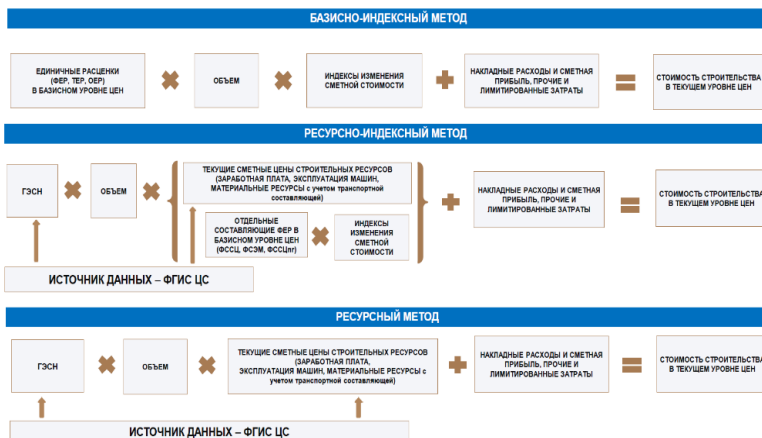


Рис. 2. Методы определения сметной стоимости строительства

В настоящее время стоимость строительства объекта определяется с использованием усреднённых сметных нормативов и укрупненных показателей стоимости, без корректно сформированного мониторинга цен на ресурсы, выбора поставщиков на поставку строительной продукции и необходимого методического подхода к расчету сметной стоимости

строительства объекта, связанного с ценообразующими факторами, как внешними, так и внутренними.

Исходя из выше сказанного для разрешения проблем в системе ценообразования стоимости строительной продукции необходимо внести совершенствования за счет создания единой базы государственных сметных нормативов, а также сметных цен строительных ресурсов, определяемых на основании государственного мониторинга [1].

Согласно приказу Минстроя России №1046/пр от 30.12.2021 к 01.01.2023 осуществляется переход составления смет с базисно-индексного метода на ресурсно-индексный метод с утверждением сметно-нормативной базы, которая включает в себя сборники сметных норм на строительные, ремонтно-строительные, пусконаладочные работы, монтаж и капитальный ремонт оборудования; а также сборники сметных цен на материалы, изделия, конструкции и оборудование, применяемые в строительстве, и эксплуатацию машин и механизмов в базисном уровне цен по состоянию на 01.01.2022 (ФСНБ-2022).

Главной отличительной особенностью ФСНБ-2022 от всех предыдущих редакций является:

- Новый актуальный уровень цен 2022 года;
 - Отсутствие в составе базы единичных расценок – ФЕР.
- Ожидаемый эффект от введения ФСНБ-2022:
- Значительное повышение точности и достоверности определения сметной стоимости;
 - Исключение неточностей в расчетах, связанных с применением укрупненных индексов по видам объектов капитального строительства;
 - Сокращение количества срывов конкурсных процедур;
 - Возможность для органов исполнителей власти субъектов РФ объективно влиять на ценовую политику в строительной отрасли;
 - Исключение диспропорции рентабельности подрядных организаций, выполняющих разные виды работ (в т.ч. субподрядных);
 - Упрощение формирования сметы контракта на основании проектной сметы;
 - Постепенный переход на ресурсную модель определения сметной стоимости строительства.

Основным преимуществом ресурсно-индексного метода перед базисно-индексным является более точное определение стоимости. Также при переходе на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости строительства выделяют следующие ключевые эффекты:

- повышение достоверности определения сметной стоимости за счет исключения неточностей в расчетах, связанных с применением ук-

рупненных индексов и различной структурой затрат по видам объектов капитального строительства;

- безболезненный постепенный переход на ресурсную модель определения сметной стоимости строительства;
- сокращения количества срывов конкурсных процедур;
- возможность для органов исполнительной власти субъектов РФ объективно влиять на ценовую политику в строительной отрасли;
- увеличение налоговых поступлений в бюджет от строительных компаний;
- исключение диспропорции рентабельности подрядных организаций, выполняющих разные виды работ;
- упрощение формирования сметы контракта на основании проектной сметы [2].

Важнейшая суть ресурсно-индексного метода заключается в применении прямых затрат из Федеральной Государственной информационной системы ценообразования в строительстве (ФГИС ЦС) или цен в уровне 2022 года с индексами к группам однородных ресурсов, а ключевая задача введения метода является максимальное приближение стоимости работ по объектам капитального строительства к рыночной стоимости.

Цель создания ФГИС ЦС – информационная поддержка процесса и порядка определения сметной стоимости объектов капитального строительства, финансируемых с привлечением средств бюджетной системы, средств юридических лиц, созданных Российской Федерацией, муниципальными образованиями, и юридических лиц, доля государства, регионов, муниципальных образований в уставных (складочных) капиталах которых составляет более 50 %.

ФГИС ЦС содержит:

- Утвержденные сметные нормативы;
- Федеральный реестр сметных нормативов, содержащий сведения об утвержденных сметных нормативах;
- Укрупненные нормативы цены строительства;
- Методики определения сметных цен строительных ресурсов;
- Сметные цены строительных ресурсов;
- Перечень лиц, которые обязаны предоставлять информацию;
- Иная информация, необходимость включения которой в информационную базу ценообразования установлена нормативными правовыми актами РФ [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Прохорова, Ю.С.* Организационно-экономический механизм управления стоимостью строительства объекта в условиях государственного инвестирования // Московский государственный строительный университет, кафедра менеджмента и инноваций / автореферат диссертации. 2021. 231 с.
2. Официальный сайт Минстрой России. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/>. (Дата обращения: 05.03.2023 г.).
3. Официальный сайт Федеральной Государственной информационной системы ценообразования в строительстве. URL: <https://fgiscs.minstroyrf.ru/#/>. (Дата обращения: 05.03.2023 г.).

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОНОЛИТНЫХ ПЛИТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПУСТОТНЫХ ВКЛАДЫШЕЙ

А.Д. Утышев, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Проводится сравнительный анализ применения различных технологий пустотных перекрытий с применением вкладышей. Рассматривается влияние вкладышей на характеристики перекрытия.

***Ключевые слова:** монолитное перекрытие, вкладыши, приведенная толщина перекрытия*

ANALYSIS OF THE USE OF LIGHTWEIGHT STRUCTURAL MONOLITHIC SLABS USING HOLLOW INSERTS

A.D. Utyshov, V.B. Dobrohotov

Scientific Supervisor – **V.B. Dobrohotov**, Candidate of Chemical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A comparative analysis of different technologies of hollow core slabs with the use of liners is carried out. The influence of inserts on the characteristics of the flooring is considered.

***Key words:** monolithic flooring, liners, reduced thickness of flooring*

Одной из актуальных задач строительства является снижение стоимости возведения зданий и сооружений. Одним из способов ее достижения является снижение веса несущих конструкций, и, как следствие, облегчение всего здания. Это может достигаться применением прогрессивных железобетонных конструкций, являющимися более рациональными с точки зрения расхода строительных материалов, но при этом удовлетворяющих требованиям надежности и безопасности для жизни и

здоровья людей.

Разновидностью таких конструкций являются монолитные перекрытия с не извлекаемыми пустотными вкладышами. Использование этих изделий позволяет заметно уменьшить расход применяемых материалов (не ухудшив при этом прочностные характеристики материала) и за счет этого уменьшить уровень нагружения на фундамент сооружения.

На сегодняшний момент применение пустотных вкладышей в монолитном изделии предлагаются по таким технологиям как Airdeck, BubbleDeck, Cobiax, DaliformGroup.

Технология Airdeck представляет собой изготовленную в заводских условиях железобетонную плиту с установленными полипропиленовыми коробками (шаг 300 мм). Сечение вкладышей 200x200 мм, высота меняется в границах от 120 до 350 мм.



Рис. 1. Конструкция плиты Airdeck

При технологии BubbleDeck используется несколько типов создания пустотных плит. Первый представляет собой аналог предыдущей технологии, разница состоит в армировании и иной форме вкладыша конструкции. Вкладыши данной технологии имеют форму сферы, размеры которых варьируются от 180 до 360 мм, в зависимости от толщины будущей конструкции.

Также данной фирмой изготавливаются модули, состоящие из арматурного каркаса и установленных в нем вкладышей. Такие модули в последствие поставляются на строительную площадку и устанавливаются в готовую опалубку, далее происходит процесс бетонирования. И последним типом технологии BubbleDeck являются изготовленные на за-

воде пустотные железобетонные плиты для последующего монтажа на строительной площадке.

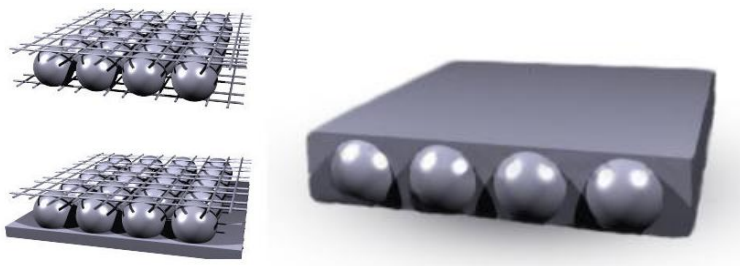


Рис. 2. Конструкция плиты BubbleDeck

Отличие технологии Cobiax заключается в том, что уже готовые арматурные модули с пустотными вкладышами укладываются в опалубку вручную, непосредственно на строительной площадке. В зависимости от толщины будущей конструкции применяются две разновидности вкладышей: для плит толщиной 200-350 мм используются вкладыши в виде эллипса, а для плит 300-600 мм – в виде сферы.

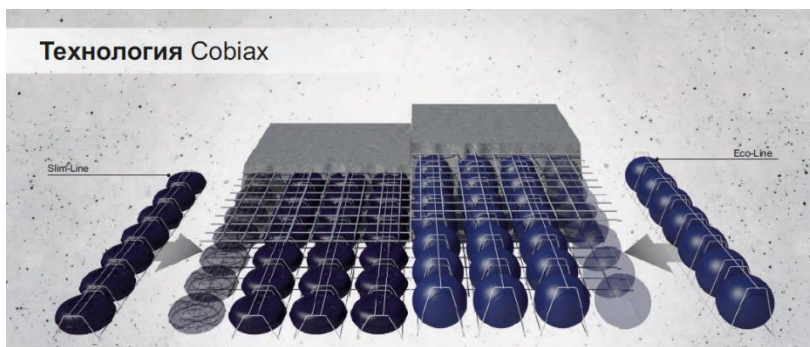


Рис. 3. Конструкция плиты Cobiax

Технология DaliformGroup позволяет изготавливать плиты толщиной 200-760 мм, при этом используются полипропиленовые столбики сечением 520x520 мм и высотой 100-560 мм. В данной технологии расстояние между вкладышами регулируется при помощи распорных муфт.



Рис. 4. Конструкция плиты DaliformGroup

В технологии «Монофант» в качестве вкладышей используются пенополистирольные блоки. Укладка бетонной смеси предлагается методом торкретирования, что позволяет ускорить процесс возведения конструкции и получить материал с высокой прочностью на растяжение.



Рис. 5. Конструкция плиты «Монофант»

Для сравнения выше перечисленных технологий была составлена таблица технико-экономических показателей для толщины перекрытия 300 мм.

Таблица 1. Техничко-экономические показатели конструкций технологий Airdeck, BubbleDeck, cobiax, DaliformGroup, Монофант

Технология	Объем вкладыша, см ³	Шаг вкладышей, см	Кол-во вкладышей на 1 м ²	Объем вкладышей, м ³ /м ²	Приведенная толщина перекрытия, см
Airdeck	6300	36	14	0,082	21,8
BubbleDeck	11390	25	16	0,182	11,8
Cobiax	17860	35	8	0,143	15,7

DaliformGro up	39600	77	3	0,119	18,1
Моно-фант	145800	120	1	0,146	15,4

Исходя из данных таблицы 1 можно сказать, что технология «BubbleDeck» позволяет достигнуть наименьшей приведенной толщины перекрытия, соответственно вкладыши в виде шаров являются наиболее эффективным вариантом.

Еще одним плюсом данного метода является его высокотехнологичность. Готовые армокаркасы с вкладышами поставляются с завода на место строительства. Там их укладывают в готовую опалубку. Защитный слой бетона создается за счет того, что армокаркасы укладывают на фиксаторы. Далее производится бетонирование конструкции. Бетонная смесь должна иметь подвижность 7-10 см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AirDeck® System. URL: <http://www.airdeck.com/> (date of access: 11.03.2023).
2. BubbleDeck® System. URL: <http://www.http://bubbledeck.ru/> (date of access: 11.03.2023).
3. Cobiax® System. URL: <http://www.cobiax.com/startseite/> (date of access: 11.03.2023).
4. DALIFORM group. URL: <https://www.daliform.com/ru/> (date of access: 11.03.2023).
5. Шмуклер, В.С. Система «Монофант» для возведения монолитных железобетонных каркасов. Вестник ХНАДУ, 2015. Выпуск № 71. С. 79-81.

ПОЛУЧЕНИЕ ЦВЕТНОГО МЕЛКОЗЕРНИСТОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

А.А. Журавлёв, Е.В. Захарова, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается возможность получения цветного асфальтобетона, где в качестве вяжущего используется акриловый герметик.

Ключевые слова: цветной асфальтобетон, пигмент, физико-механические свойства

PRODUCTION OF COLORED FINE-GRAINED ASPHALT CONCRETE

A.A. Zhuravlev, E.V. Zakharova, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor - **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The possibility of obtaining colored asphalt concrete, where an acrylic sealant is used as a binder, is being considered.

Keywords: colored asphalt concrete, pigment, physical and mechanical properties

Цветной асфальт, (иначе цветная асфальтобетонная смесь) – искусственный материал, композитного состава для строительства дорог, состоящий из минерального наполнителя (щебень или гравий, минеральный порошок и песок), вяжущего органического вещества (светлого, тёмного, бесцветного) и окрашивающей составляющей. От обычного, привычного серого дорожного полотна, цветной асфальт отличается лишь разнообразием своих оттенков. При помощи цветной пигментации, асфальт возможно окрасить в абсолютно любой цвет – от белого до сиреневого [1].

Для получения цветного асфальта возможно применение органических или неорганических пигментов для окраски. Как правило, при

приготовлении применяется неорганическая пигментация асфальта, так как она более дешевая и, в то же время, более устойчива к влиянию природных факторов. Органические пигменты отличаются неоправданно завышенной ценой в сочетании с недолговечностью. При создании цветного асфальта используются такие неорганические пигменты, как оксиды свинца, цинка, хрома или железа.

От правильного выбора вяжущего органического вещества зависит яркость, насыщенность цвета готового асфальтного полотна. Поэтому для создания цветного асфальта лучшим вариантом будет применение нефтяного осветленного битума или прозрачного вяжущего органического вещества [2].

В своих исследованиях в качестве вяжущего мы использовали бесцветное полимерное акриловое вяжущее.

Подбор состава песчаного асфальтобетона производился на основании ГОСТ 12801-84 «Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний» [3].

В таблице 1 представлен состав минеральной части образца.

Таблица 1. Состав минеральной части по фракциям (ГОСТ Р 58406.2-2020)

Фракция	Проход через сито, %, ГОСТ	Содержание в смеси, г, проект
5,0	100	80
2,5	90-100	27,5
1,25	62-85	25
0,63	40-65	26,2
0,315	9-24	28,8
0,14	6-14	30
Мин.порошок	-	16
Пигмент	-	16
Вода	-	20
Всего	-	250

В ходе лабораторных исследований было установлено, что наибольший предел прочности достигается при формовании образцов под нагрузкой 1500 кгс/см.

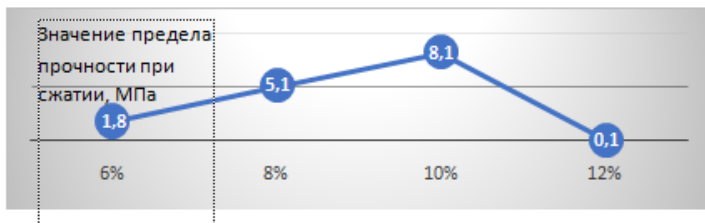


Рис. 1. Зависимость предела прочности при сжатии от процентного содержания акрилового полимерного вяжущего

Далее были изготовлены образцы с различным процентным содержанием акрилового полимерного вяжущего в составе смеси. Образцы набирали прочность в течении 14 суток.

Вывод: Как видно из графика, наилучшие показатели по пределу прочности при сжатии получаются, когда в смеси 10% акрилового полимерного вяжущего от массы АБС.

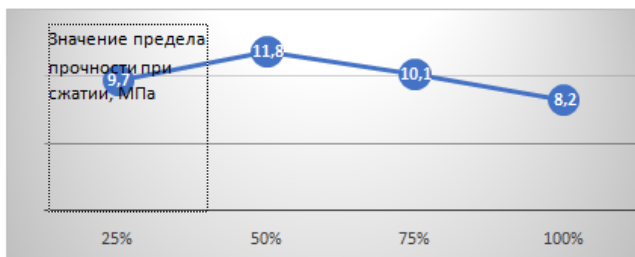


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии от количества пигмента в смеси

После того, как мы установили оптимальное содержание вяжущего вещества в смеси, необходимо было определить оптимальное соотношение пигмента и минерального порошка.

Вывод: Из графика видно, что наилучшие показатели достигаются, когда содержание пигмента в смеси достигает 50 % от массы минерального порошка.

Для оптимального состава смеси были проведены испытания по наиболее значимым для дальнейшего анализа характеристикам: предел прочности при сжатии, при температуре 20 °С, предел прочности при сжатии, при температуре 0 °С, предел прочности при сжатии, водостойкость.

Для данного состава проводилось одно испытание. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Физико-механические свойства цветного асфальтобетона

Характеристика	10 % акрилового полимерного вяжущего от массы образцы и 15г пигмента
Предел прочности при сжатии, При температуре 20 °С, МПа	5,5
Предел прочности при сжатии, При температуре 0 °С, МПа	7,1
Предел прочности при сжатии, МПа: - до водонасыщения - водонасыщенный образец	5,3 2,9
Водостойкость	0,55

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Образцы имеют хорошие показатели по: пределу прочности при сжатии, предел прочности при сжатии , при температуре 20 °С, Предел прочности при сжатии , при температуре 0 °С, что соответствует требованиям ГОСТ 9128-2009.

2. Образцы имеют не удовлетворительные показания по водостойкости, что не соответствует требованиям ГОСТ 9128-2009, поэтому необходима корректировка процесса твердения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что относится к объектам благоустройства? URL: <https://www.audapress.ru/obekty-blagoustroistva> (дата обращения 02.03.2023)
2. Цветной асфальт – материал для строительства дорог. URL: <https://betonov.com/vidy-betona/dlya-dorog/cvetnoj-asfalt.html> (дата обращения 02.03.2023)
3. ГОСТ 12801-84 «Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний». Технические условия. М.: Союздорнии, 1999. (дата обращения 02.03.2023).

ПОЛУЧЕНИЕ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

М.В. Гнездов, В.Б. Доброхотов

Научный руководитель – **В.Б. Доброхотов**, канд. хим. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается возможность получения асфальтобетона с применением отходов металлургического производства.

Ключевые слова: асфальтобетон, металлургический отход, физико-механические свойства.

PRODUCTION OF FINE-GRAINED ASPHALT CONCRETE

M.V. Gnezdov, V.B. Dobrokhotov

Scientific Supervisor - **V.B. Dobrokhotov**, Candidate of Chemical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The possibility of obtaining asphalt concrete with the use of waste from metallurgical production is being considered.

Keywords: asphalt concrete, metallurgical waste, physical and mechanical properties.

В мировой и российской практике шлаки черной металлургии при производстве строительных материалов используются давно. Тенденция развития производства в целом, и в особенности строительной индустрии, предусматривает широкое использование техногенного сырья. В настоящее время в условиях сокращения запасов разведанного природного сырья, а так же усиливающейся антропогенной нагрузки на окружающую среду особое значение приобретает проблема расширения использования отходов производства. Многолетние исследования и современные методы утилизации подтверждают возможность получения из шлаков строительных материалов с широким диапазоном свойств. Это объясняется следующими аспектами. Большое разнообразие типов и видов шлаков черной металлургии, изменение состава шлаков от завода к заводу

или с течением времени предполагает использование индивидуального подхода к исследованию шлаков каждого металлургического производства [1].

Но кроме этого на предприятиях металлургического и металлообрабатывающего профиля могут скапливаться, хотя и в меньших объемах пылевидные отходы из систем пылеудаления. Они могут быть непосредственно использованы, например, для целей модификации асфальтобетонных смесей. Однако особенностью таких продуктов является то, что в них может содержаться существенная доля металлической пыли, в том числе содержащей ценные цветные металлы. Следовательно, при использовании таких отходов возникает необходимость в разработке комплексной безотходной технологии с извлечением рециклируемых металлических компонентов и с полной утилизацией остаточных продуктов в производстве стройматериалов [2].

Подбор состава асфальтобетона производился на основании ГОСТ 12801-84 «Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний» [3]. В таблице 1 представлен состав образца.

Таблица 1. Состав образца по фракциям (ГОСТ Р 58406.2-2020)

Фракция	Проход через сито, %, ГОСТ	Содержание в смеси, г, проект
5,0	100	80
2,5	90-100	27,5
1,25	62-85	25
0,63	40-65	26,2
0,315	9-24	28,8
0,14	6-14	30
Мин. порошок	-	16...0
Металлургический отход	-	0...16
Битум	-	15
Всего	-	265

В ходе лабораторных исследований было установлено, что наибольший предел прочности достигается при формовании образцов под нагрузкой 10 МПа.

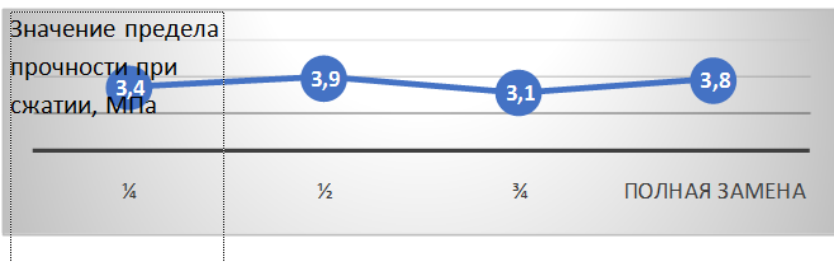


Рис. 1. Зависимость предела прочности при сжатии от соотношения минерального порошка и металлургического отхода

Далее были изготовлены образцы с различным соотношением минерального порошка и металлургического отхода ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, полн.замена) .

Вывод: Как видно из графика, наилучшие показатели по пределу прочности при сжатии получаются при полной замене минерального порошка, либо когда в смеси остается соотношение $\frac{1}{2}$ минерального порошка и металлургического отхода.



Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии от обработки металлургического отхода

После этого было решено обработать металлургический отход и посмотреть на изменение предела прочности при сжатии в сравнении с необработанным состоянием.

Вывод: Из графика видно, что наилучшие показатели достигаются при обработке металлургического отхода.

Для оптимального состава смеси были проведены испытания по наиболее значимым для дальнейшего анализа характеристикам: предел прочности при сжатии, при температуре 50 °С, предел прочности при сжатии, при температуре -15 °С, предел прочности при сжатии до и после водонасыщения, водостойкость и водопоглощение.

Для данного состава проводилось одно испытание. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Физико-механические свойства асфальтобетона

Характеристика	Результат испытания
Предел прочности при сжатии, при температуре 50 °С, МПа	1,02
Предел прочности при сжатии, при температуре -15 °С, МПа	9,7
Предел прочности при сжатии, МПа: - до водонасыщения	3,8
- водонасыщенный	2,6
Водостойкость	0,68
Водопоглощение, %	0,22

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: образцы имеют хорошие показатели по пределу прочности при сжатии при температуре 50 °С и при температуре -15 °С, что соответствует требованиям ГОСТ 9128-2009. Также водостойкость и водопоглощение образцов соответствует требованиям ГОСТ 9128-2009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Болдырев, А.С.* Использование отходов в промышленности строительных материалов / А.С. Болдырев, А.Н. Люсов, Ю.А. Алехин. М.: Знание, 1984. 64 с.
2. Использование отходов металлургических предприятий в строительной индустрии URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/90/5668/> (дата обращения: 05.03.2023).
3. ГОСТ 12801-84 «Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные, дегтебетонные дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний»/ Технические условия. М.: Союздорнии, 1999. (дата обращения 05.03.2023).

УДК: 625.746

ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЁННОЙ ЗАСТРОЙКИ НА СВЕТОВОЙ РЕЖИМ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Д.С. Тележняк, А.Б. Лебедев

Научный руководитель – **А.Б. Лебедев**, канд. биол. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются пути решения проблем светового режима зданий, находящихся в уплотненной городской застройке.

Ключевые слова: естественное освещение, освещенность, инсоляция

INFLUENCE OF SECURED DEVELOPMENT ON THE LIGHT MODE IN THE ROOM OF RESIDENTIAL BUILDINGS

D.S. Telezhnyak, A.B. Lebedev

Scientific Supervisor - **A.B. Lebedev**, Candidate of Biological
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Ways to solve the problems of light regime of buildings, located in dense urban development.

Keywords: natural light, illumination, insolation

В центральных районах древних городов России застройка состоит преимущественно из зданий до 5 этажей, многие из которых являются историко-культурным наследием. Статус этих зданий существенно осложняет размещение новых построек на рентабельных территориях.

Основными проблемами, возникающими при размещении зданий в стесненных условиях, являются: перегрузка элементов инфраструктуры и следующее за этим ухудшение качества среды (возрастание уровня шума и уровня содержания вредных веществ), а также физической невозможность обеспечить в каждом помещении как старых, так и строящихся зданий необходимые освещенность и инсоляцию [1,2].

Традиционным для центральных и северных широт решением ориентации зданий, обеспечивающим требуемые показатели светового режима, является строительство вытянутых, прямоугольных в плане зданий. Но подобная форма зданий не всегда возможна в условиях стесненной застройки. Часто застройщики жертвуют световым режимом нескольких помещений, строя здания со сложной геометрией, приближенной на плане к форме квадрата, треугольника, круга, что позволяет создавать больше жилого пространства на меньшей площади застройки. Такое, определяющее форму проектируемого здания, проектное решение должно иметь достаточное обоснование, требующее исследования создаваемого светового режима здания и придомовой территории, а также поиск и разработку путей решения выявленных проблем.

Анализ светового режима строящегося жилого здания в условиях стесненной городской застройки – процесс длительный и трудоёмкий. Чтобы существенно ускорить и облегчить данный процесс анализа, может быть применено специализированное программное обеспечение, позволяющее смоделировать естественное освещение проектируемого здания и окружающей его обстановки.

В данной работе для анализа светового режима проектируемого жилого здания были применены следующие программы:

- DIALuxevo – программа, позволяющая выполнить расчет как самой освещенности, так и коэффициента естественной освещенности (КЕО) помещений проектируемого здания, а также отобразить результаты в табличной и графической форме. С помощью инструментария данного программного обеспечения можно учитывать коэффициент отражения внутренних и внешних поверхностей проектируемого здания, а также фасадов окружающих его зданий;

- СИТИС Солярис – в данной программе был выполнен расчет продолжительности непрерывной и суммарной инсоляции помещений проектируемого жилого здания, результаты представлены только в табличной форме.

Расчет был выполнен для проектируемого шестизэтажного жилого здания со сложной многоугольной геометрией основания (рис.1).

На основании результатов расчетов были сделаны следующие выводы:

- инсоляция требуемой согласно СП 52.13330 [3] продолжительности не обеспечивается в помещениях кухни и жилых комнат, расположенных на северном фасаде, однако суммарная инсоляция квартир выполняется за счет комнат, расположенных на западном и восточном фасадах;

- освещенность и КЕО не соответствует требуемой в помещениях, окна которых выходят на лоджию с панорамным остеклением [4].

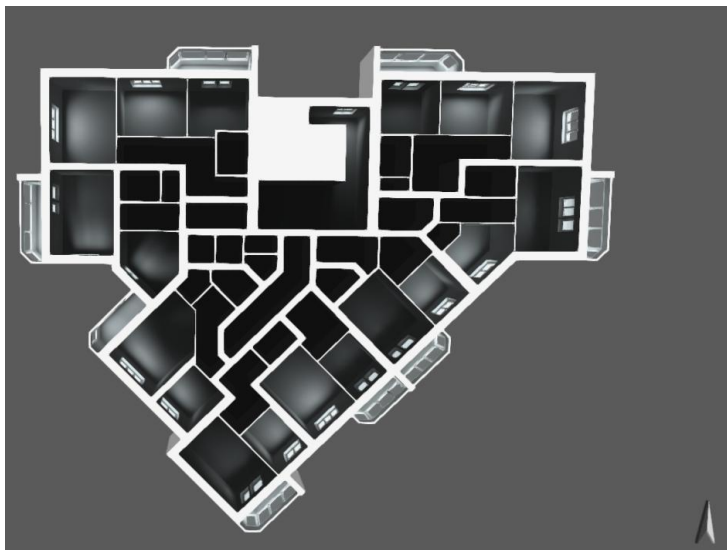


Рис. 1. План типового этажа

Подобный анализ с использованием специализированного программного обеспечения позволил выявить недостатки данной ориентации и планировки здания, не прибегая к трудоемким расчетам, а также дал исчерпывающие данные для того, чтобы предусмотреть пути их устранения.

Наиболее современными методами повышения освещенности и инсоляции помещений являются: применение рефлекторных полок, которые перенаправляют свет в требуемое помещение и, совместно с ними, использование более светлых цветов внутренней отделки помещений; а также применение систем неизображающей оптики – полых и оптоволоконных световодов, которые собирают естественный свет в наиболее освещенном месте снаружи здания (чаще крыши) и транспортируют его в требуемое помещения с минимально возможными потерями [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Слукин, В.М.* Обеспечение нормированных условий естественного освещения жилых зданий в уплотненной застройке / В. М. Слукин, Л. Н. Смирнов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2011. № 4. С. 75–77. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17244696_96805398.pdf (дата обращения 24.02.2023)

2. *Слукин В.М.* Проблемы естественного освещения помещений в уплотненной городской застройке / В.М. Слукин, Е.С. Симакова // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2010. № 2. С. 56–60. URL: http://archvuz.ru/2009_4/10/ (дата обращения 24.02.2023)
3. СП 52.13330.2016. "Естественное и искусственное освещение". URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 24.02.2023)
4. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://tk-servis.ru/lib/861> (дата обращения 24.02.2023)
5. Карасева Л. В., Лузина Ю. Л. «Современные методы повышения естественной освещенности помещений в уплотненной городской застройке» / Молодой исследователь Дона. № 4(13) 2018. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-metody-povysheniya-estestvennoy-osveschennosti-pomescheniy-v-uplotnennoy-gorodskoy-zastrojke/viewer> (дата обращения 24.02.2023).

УДК: 697.133

ВРЕМЯ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ ОДНО- И ДВУХСЛОЙНЫХ НАРУЖНЫХ СТЕН

Ю.Е. Лобанова, А.Б. Лебедев

Научный руководитель – **А.Б. Лебедев**, канд. биол. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Выполнен расчет времени тепловой инерции одно- и двухслойных наружных стен.

***Ключевые слова:** время тепловой инерции, фактор слоистости, железобетон, минеральная вата*

THERMAL INERTIA TIME OF SINGLE- AND DOUBLE-LAYER EXTERIOR WALLS

Yu.E. Lobanova, A.B. Lebedev

Scientific Supervisor – **A.B. Lebedev**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The calculation of the thermal inertia time of one- and two-layer exterior walls is carried out

***Keywords:** thermal inertia time, layering factor, reinforced concrete, mineral wool*

При значительных колебаниях температуры наружного воздуха время тепловой инерции характеризует продолжительность сохранения близкого к стационарному (квазистационарному) процесса теплообмена через ограждение и нормативной температуры внутренней поверхности стены. Время тепловой инерции явным порядком определяет необходимость дополнительных энергозатрат на отопление или кондиционирование внутреннего воздуха для восстановления нормативных параметров микроклимата помещений.

Согласно [1], для однослойной однородной стены время тепловой инерции:

$$\tau_{и1} = c\rho\delta^2/\pi^2\lambda$$

где c – теплоемкость, ρ – плотность, λ – теплопроводность материала ограждения; δ – толщина стены.

Для двухслойных стен с внутренним несущим слоем (определяющим тепловую инерцию ограждения) и внешним утеплителем время тепловой инерции корректируется фактором слоистости:

$$\tau_{и2} = \tau_{и1} \cdot S_2,$$

который для таких ограждений с названным расположением слоев вычисляют:

$$S_2 = \left[\delta_1^3 + 3\delta_2\delta_1^2 + c_2\rho_2\delta_2^2 \cdot \frac{3\delta_1 + \frac{\lambda_1\delta_2}{\lambda_2}}{c_1\rho_1} \right] \delta^{-3}$$

где нижние индексы при обозначениях свойств соответствуют номеру слоя: 1 – внутренний несущий слой, 2 – внешний слой утеплителя, δ – общая толщина стены, м. Очевидно, что для однослойной стены $S_1 = 1$.

Проведем расчет времени инерции однослойных железобетонных стен толщиной 0,20 и 0,35 м и двухслойного ограждения с внутренним слоем из железобетона толщиной 0,20 м и наружным минераловатным слоем утеплителя толщиной 0,15 м. Свойства материалов слоев ограждения приведены в таблице 1.

Таблица 1. Свойства материалов наружных стен [2]

№ слоя	Материал	Толщина слоя, δ , м	Плотность, ρ , кг/м ³	Теплоемкость, c , кДж/(кг·К)	Теплопроводность, λ , Вт/(м·К)	Теплоусвоение, s , Вт/(м ² ·К)
Однослойные стены						
1	Монолитный железобетон	0,200	2500	0,84	2,04	18,95
1	Монолитный железобетон	0,350				
Двухслойная стена						
1	Монолитный железобетон	0,200	2500	0,84	2,04	18,95
2	Минераловатные плиты Rockwool	0,150	75	0,84	0,047	0,52

По исходным значениям свойств материалов ограждения вычисляли термическое сопротивление $R = \delta/\lambda$ и тепловую инерцию слоев $D = R \cdot s$ (таблица 2).

Таблица 2. Термическое сопротивление и тепловая инерция слоев ограждения

№ п/п	Материал	Толщина, м	Термическое сопротивление, R , (м ² ·К)/Вт	Тепловая инерция, D
Однослойные стены				
1	Монолитный железобетон	0,200	0,098	1,86
1	Монолитный железобетон	0,350	0,172	3,25
Двухслойная стена				
1	Монолитный железобетон	0,200	0,098	1,86
2	Минераловатные плиты Rockwool	0,150	3,191	1,66

- Тогда для однослойных стен время тепловой инерции:

- толщиной 0,200 м:

$$\tau_{и1} = c\rho\delta^2/\pi^2\lambda = 840 \cdot 2500 \cdot 0,20^2/3,14^2 \cdot 2,04 = 4176 \text{ с} = \mathbf{1,16 \text{ ч}}$$

- и толщиной 0,350 м:

$$\tau_{и1} = c\rho\delta^2/\pi^2\lambda = 840 \cdot 2500 \cdot 0,35^2/3,14^2 \cdot 2,04 = 12799 \text{ с} = \mathbf{3,56 \text{ ч}}$$

- Для двухслойной стены фактор слоистости:

$$S_2 = \left[\delta_1^3 + 3\delta_2\delta_1^2 + c_2\rho_2\delta_2^2 \cdot \frac{3\delta_1 + \frac{\lambda_1\delta_2}{\lambda_2}}{c_1\rho_1} \right] \delta^{-3}$$

$$= \left[0,20^3 + 3 \cdot 0,15 \cdot 0,20^2 + 3 \cdot 75 \cdot 0,15^2 \cdot \frac{3 \cdot 0,20 + \frac{2,04 \cdot 0,15}{0,047}}{0,84 \cdot 2500} \right] \cdot 0,35^{-3} = 2,40$$

и время тепловой инерции:

$$\tau_{и2} = \tau_{и1} \cdot S_2 = 3,56 \cdot 2,40 = \mathbf{8,54 \text{ ч}}$$

Из данных таблицы 2 и результатов проведенных расчетов видно, что двухслойная стена с теплоизоляционным слоем обеспечивает в 2,4 раза большее время тепловой инерции ограждения по сравнению с массивной железобетонной стеной равной толщины и с весьма близкими

единичной у однослойного и суммарной тепловой инерцией у двухслойного ограждения ($3,25 \sim 1,86 + 1,66 = 3,52$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коршунов, О.В.* Время тепловой инерции и термическое сопротивление слоистых стен / О.В. Коршунов, В.И. Зуев // Энергобезопасность и энергосбережение. 2011. № 4. С. 23-26.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий.

АКТИВНОЕ ШУМОПОДАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА

Н.В. Карсаков, А.Б. Лебедев

Научный руководитель – А.Б. Лебедев, канд. биол. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено применение системы активного шумоподавления для борьбы с шумом в производственных помещениях, а также рассмотрена целесообразность и эффективность применения данного метода.

***Ключевые слова:** активное шумоподавление, борьба с шумом, звук в противофазе, уровень шума, аналоговая схема, цифровая схема*

ACTIVE NOISE CONTROL OF INDUSTRIAL NOISE

N.V. Karsakov, A.B. Lebedev

Scientific Supervisor – A.B. Lebedev, Candidate
of Biological Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers the application of active noise control system to control noise in industrial premises and also considers the feasibility and effectiveness of this method.

***Key words:** active noise control, noise control, sound in antiphase, noise level, analog circuit, digital circuit*

За последние десятилетия проблема борьбы с шумом в России и других странах стала одной из важнейших. Внедрение в промышленность новых технологических процессов, рост мощности и быстроходности технологического оборудования, механизация производственных процессов привели к тому, что человек на производстве и селитебной территории постоянно подвергается воздействию шума высоких уровней. В следствии чего наблюдается общее ухудшение здоровья человека, приводящее к хроническим заболеваниям, износу оборудования и поломкам,

что в свою очередь влияет на качество продукции и производства в целом. Проблема борьбы с шумом является неотъемлемой частью охраны труда и защиты окружающей среды.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [1] к звукоизоляции производственных помещений предъявляются особые требования, определяя максимально допустимый уровень шума для различных цехов и участков. Например, на рабочих местах в цехах он должен составлять не более 80 дБ, в исследовательских лабораториях не более 60 дБ, в помещениях административно-управленческого персонала не более 50 дБ .

Поэтому применяются разнообразные способы борьбы с шумом. В общем случае их можно разделить на две большие группы: административные и технические.

К числу основных строительно-акустических мероприятий по снижению уровня звукового давления в цехах относятся:

- установка звукоизолирующих полукожухов, кожухов и кабин закрытого и полукрытого типов для оператора, звукоизолирующих укрытий для вспомогательного персонала, а также кабин для отдыха и дистанционного управления (эффективность достигает 20-30 дБ);
 - рациональные планировка помещений и размещение шумящего оборудования;
 - акустическая звукопоглощающая облицовка стен, потолков и полов помещений, установка кулисных звукопоглотителей в зоне работы оборудования (эффективность достигает 5-15 дБ);
 - установка акустических экранов у наиболее интенсивных источников шума (эффективность достигает 10-20 дБ);
 - устройство вибропоглощающих покрытий (эффективность достигает 15 дБ);
 - устройство глушителей шума в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, в вакуум-насосах, компрессорных установках. Для звукоизоляции металлические воздухопроводы обкладывают с наружной стороны слоем шлаковой ваты под металлической сеткой, оштукатуривают (или обертывают строительным картоном) и окрашивают (эффективность достигает 10-60 дБ);
 - установка глушителей на технологические конвейеры (эффективность достигает 30-40 дБ);
 - установка приемных и выгрузочных воронок из металлов с демпфирующим слоем;
 - средства индивидуальной защиты (эффективность достигает 7-38 дБ);
 - активное шумоподавление (эффективность достигает 35-40 дБ)
- [2].

Относительно новым техническим способом борьбы с шумом является применение активного шумоподавления. Этот метод связан с созданием «антизвука», т.е. созданием равного по величине и противоположного по фазе звука. В результате интерференции основного звука и «антизвука» в необходимых нам местах помещения с высоким уровнем шума можно создать зоны тишины. В месте, где необходимо уменьшить шум, устанавливается микрофон, сигнал от которого усиливается и излучается определенным образом расположенными динамиками в противоположной фазе[3].

Для равномерного подавления необходимо, чтобы звуковые волны шума и волны, излучаемые устройством, были не только когерентны, но чтобы при этом совпадали по форме их поверхности волнового фронта и направления их распространения. В противном случае, когерентные волны, приходя в различные точки пространства, будут иметь разные фазы и в зависимости от разности фаз будут в одном месте гасить друг друга, а в другом усиливать. Форма волнового фронта, излучаемого устройством, зависит от формы излучающей поверхности.

В настоящее время общеизвестно, что активный метод снижения является едва ли не единственной реальной возможностью снижения уровня шума и вибраций в низкочастотной области спектра. До недавнего времени для уменьшения шума применялись пассивные средства, такие как глушители, перегородки из звукопоглощающих материалов и т.п. Чтобы эффективно гасить шум на низких частотах, эти средства должны быть массивными и иметь большие габариты, сравнимые с длиной волны (например, на частоте 200 Гц длина волны - 170 см), что не всегда осуществимо на практике. Кроме того, пассивные средства могут создавать дополнительное аэродинамическое сопротивление, особенно при глушении шума в вентиляционных каналах[4].

Не смотря на общий в физическом плане принцип работы систем активного шумоподавления, в зависимости от конечного назначения конструктивное исполнение данных систем достаточно разнообразно. На данный момент использование данной технологии окружает нас во многих местах: в автомобилях, в самолетах, в наушниках, музыкальном оборудовании, воздуховодах и даже иногда в общественных помещениях и жилых домах. Самым наглядным примером, который иллюстрирует работу данных систем, а также относительно простым в исполнении является применение систем активного шумоподавления в наушниках.

Использование данной технологии на промышленных предприятиях в нашей стране развито не сильно. Чаще всего к её использованию прибегают иностранные предприятия. Однако внедрение этой технологии в Российском производстве помогло бы значительно снизить риски

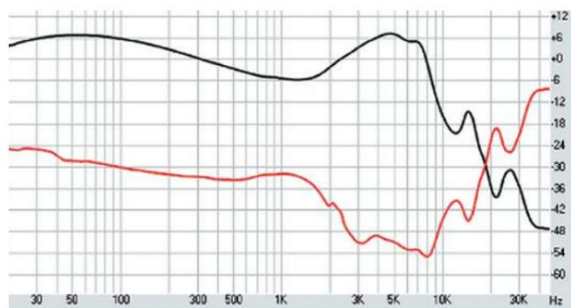
со здоровьем работников, а также сэкономить на пассивном шумоподавлении.

К основным достоинствам активного шумоподавления можно отнести:

- уменьшение затрат на пассивное шумоподавление;
- снижение уровня шума за пределами предприятия;
- экономия рабочего пространства;
- значительно экономичнее автоматизации производства;
- возможность локального снижения шума при временном строительстве без возведения пассивных средств;
- возможность выбора пределов погашения частот.

Реализовать систему активного шумоподавления можно как на аналоговой базе, так и на цифровой.

Для производственных помещений чаще всего достаточно аналоговой схемы, максимальная эффективность работы которой будет находиться в диапазоне частот от 250 Гц до 8000 Гц.



Черный график – исходный сигнал(шум)

Красный график – результирующий сигнал

Рис. 1. График амплитудно-частотной характеристики с применением системы активного шумоподавления

Круглопильные станки относятся к наиболее шумному оборудованию, используемому в деревообрабатывающей промышленности. Уровень шума (на рабочем ходу) достигает 110-115 дБ. Наиболее интенсивным излучателем шума является пильный диск на рабочем ходу станка. В спектре шума, излучаемого пильным диском круглопильного станка, доминируют высокочастотные составляющие (1000-8000 Гц).

Из этого можно сделать вывод, что активное шумоподавление способно справиться с частотами даже самого шумного оборудования и до-

биться снижения шума по всем частотам примерно на 38-40 дБ исходя из представленного графика (рис. 1) [5].

Однако аналоговая система не будет обладать гибкостью. Так как она направлена в основном на один источник шума, а случае добавления посторонних шумов от иных источников (соседних станков) эффективность системы будет значительно меньше. Поэтому всё же лучшим выбором в данной ситуации будет цифровая схема, которая сможет на программном уровне обрабатывать одновременно разные частоты от множества источников в режиме реального времени. Данные процессы отвечают достаточно высоким требованиям по быстродействию и мощности ядра блока обработки. Однако цифровая система значительно дороже аналоговой, что является сложностью для реализации метода в случае ограничения средств [6].

Но активное шумоподавление, помимо достоинств, имеет и недостатки:

- Сложность в поставке качественного иностранного оборудования, а также необходимого программного обеспечения для правильной настройки;

- Неготовность предприятий внедрять данные технологии в нашей стране;

- Отсутствие опыта работы с оборудованием (возможна сложность с ремонтом);

- Переход от единовременных затрат на ежемесячные (увеличится счёт за электроэнергию);

- Ограниченный срок службы.

В рамках данной статьи можно сделать выводы, что на сегодняшний день технология активного шумоподавления слабо развита на предприятиях Российской Федерации, но оно активно применяется за границей. Она поможет уйти от дополнительных затрат на различные звукопоглотители, кабины и акустические экраны (но не полностью), также значительно сэкономит рабочее пространство. Стоимость данного оборудования невысокая, что позволит обеспечить массовое распространение на рынке России. Сам метод имеет множество сложностей и недостатков, однако он очень эффективен в борьбе с низкими частотами и имеет свои особые достоинства, которых не найти у пассивных способов защиты от шума.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санитарные нормы 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

2. *Карсаков, Н.В.* Анализ эффективности шумозащиты в производственных помещениях / Н.В. Карсаков, А.Б. Лебедев. Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2022. С. 462-465.
3. Расчет эффективности акустической обработки помещения. URL: https://studopedia.ru/7_90967_trebovaniya-bezopasnosti-vo-vremya-raboti-s-evm.html (Дата обращения: 18.02.2023).
4. Активный метод снижения шума. URL: <http://old.akin.ru/comm/techn8.htm>. (Дата обращения: 18.02.2023).
5. Разработка системы активного шумоподавления для помещений. ВКР. URL: http://s-sibsb.ru/images/articles/2016/3/4_20-24.pdf (Дата обращения 24.02.2023).
6. Устройство для активного шумоподавления. ВКР. URL: https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/1882/1/Трубников%20В.С.ЭЛб_1201.pdf (Дата обращения 24.02.2023).

МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

П.П. Буралков, Д.С. Дехтерев

Научный руководитель – **Д.С. Дехтерев**, канд. техн. наук

Ярославский государственный технический университет

Автоматизация визуального обследования строительных конструкций является перспективным направлением для повышения безопасности специалистов при обнаружении дефектов, снижения сроков выполнения обследовательских работ, а также снижения воздействия человеческого фактора. Техническое зрение, как метод классификации объектов на изображениях может позволить значительно повысить эффективность работ по фотофиксации повреждений и их дальнейшем документировании за счет способности искусственного интеллекта к анализу видимых повреждений конструкций. В настоящей работе выполнено исследование алгоритма обнаружения повреждений на базе модели сверточной нейронной сети, созданной на языке программирования Python. По результатам обучения и тестирования нейронной сети были сделаны выводы о возможности ее применения на реальных объектах инфраструктуры для определения дефектов железобетонных конструкций.

Ключевые слова: обследование технического состояния · дефекты и повреждения · нейронная сеть · техническое зрение · классификация объектов

DAMAGE DETECTION METHOD FOR BUILDING STRUCTURES BASED ON TECHNICAL VISION

P.P. Buralkov, D.S. Dekhterev

Scientific Supervisor – **D.S. Dekhterev**, Candidate of Technical Sciences

Yaroslavl State Technical University

Automation of the visual examination of building structures is a promising direction for safety insurance for specialists in detecting defects, reducing the time for performing the surveyed work and the manifestation of human obesity.

Technical vision, as a method of detecting objects in images, can increase the efficiency of photographic fixation of structure damage and their later recording due

to the ability of artificial intelligence to analyze visible defects and damage of structures. In this paper, we have studied the algorithm based on a convolutional neural network model created in the Python programming language for detection of structure defects. Based on the results of research and application of tests of the neural network, the results show the capacity for it to be used on the objects of real civil infrastructure to identify defects in reinforced concrete structures.

Keywords: *technical condition survey, defects and damage, neuralnetwork, technical vision, object classification*

Дефекты и повреждения строительных конструкций снижают долговечность зданий и сооружений, несущую способность и эксплуатационную надежность, и при определенных условиях, могут привести к аварии, а также к большим экономическим затратам и жертвам.

Для обеспечения безопасных условий эксплуатации зданий и сооружений первостепенное значение приобретает поддержание его технического состояния на должном уровне, в том числе за счет визуального и инструментального обследования. Своевременное обследование помогает избежать проявления отрицательных процессов, а также дает возможность сделать прогноз о предполагаемом развитии повреждений строительных конструкций и составить мероприятия по их устранению или стабилизации.

Однако, данный процесс может быть трудоемким, дорогостоящим при больших объемах работ, сложным в документировании, а также опасным при недостаточной квалификации сотрудника. Помимо того, большое влияние на качество работ оказывает подготовленность и физико-психологическое состояние человека [5].

Для того, чтобы снизить требуемое количество ручного труда при обследовании объектов было реализовано множество методов обработки изображений, основной задачей которых является обнаружение дефектов гражданской инфраструктуры. Эти методы в основном используются для извлечения признаков дефектов и повреждений, таких как трещины на поверхности бетонных и стальных конструкций.

Однако широкое разнообразие внешних факторов, влияющих на процесс сбора информации (например, изменение освещения или погодных условий) может создать проблемы для широкого внедрения метода обработки изображений [3].

Наиболее перспективным решением данной проблемы является применение технического зрения на базе нейронных сетей [4].

Для обучения классификатора на основе нейронной сети используются необработанные изображения поверхностей строительных конструкций с широким спектром изменяющихся внешних параметров, таких как степень и направление освещения, тень и т.д.

Сбор данных изображений удобнее всего осуществлять при помощи БПЛА (например квадрокоптера со встроенной фотокамерой высокого разрешения). Главными преимуществами данного метода сбора данных являются безопасность и возможность осмотра труднодоступных для человека мест.

Алгоритм обучения состоит из нескольких этапов [4]. Сначала изображения вручную классифицируются по соответствующему признаку, а именно типу повреждения, или его отсутствию. Далее отсортированный набор данных делится на обучающий и тестовый. Затем обучающий набор данных загружают в базовую архитектуру сверточной нейронной сети для того, чтобы она находила взаимосвязь между изображениями одного класса. В процессе обучения периодически выполняют тестирование модели нейронной сети на тестовом наборе данных. Точность правильно распределенных по классам изображений из тестового набора и является основным параметром для понимания того, завершила ли модель обучение.

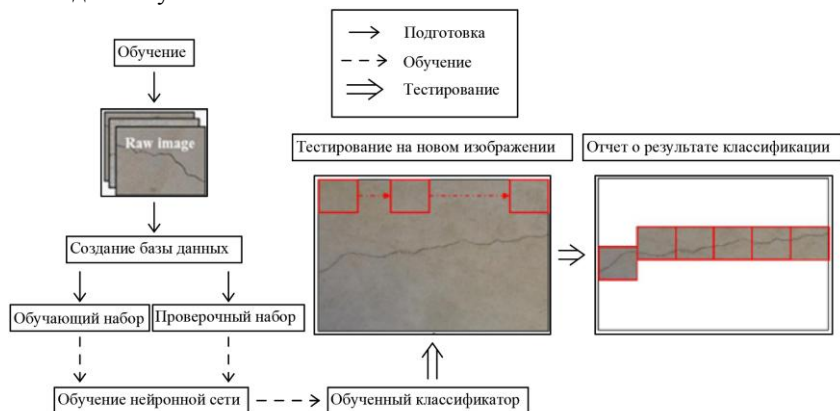


Рис. 1. Алгоритм обнаружения повреждений на поверхности железобетона

По достижении моделью нейронной сети точности более 90 % обучение останавливают. Полученный классификатор в дальнейшем можно использовать для обнаружения и классификации повреждений на изображениях конструкций, с которыми он прежде не работал, тем самым частично автоматизировав процесс визуального обследования.

Для проверки данного алгоритма была разработана сверточная нейронная сеть на базе языка программирования Python [1]. Главной задачей разрабатываемой модели стала классификация трех типов повреждений конструкций из железобетона: оголение арматуры, трещины и следы замачивания.

Для обучения нейронной сети было использовано 400 изображений, принадлежащих к 4 разным классам (по типу повреждения каждый и один тип без повреждений). Данный набор изображений был разделен в следующем соотношении: 80 изображений каждого класса было использовано при обучении и 20 изображений при тестировании.

Обучение модели происходило на протяжении 20 эпох, в конце каждой из которых происходило тестирование и оценивалась точность обучения.

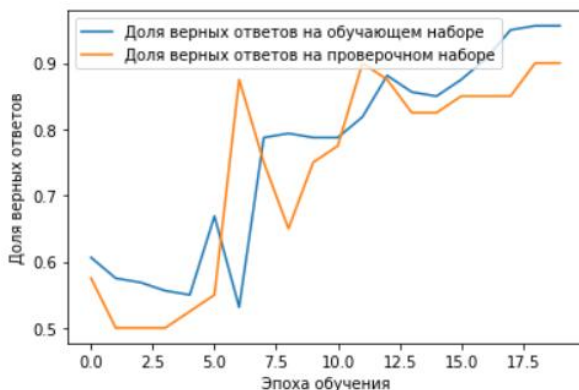


Рис. 2. График зависимости доли верных ответов от количества эпох обучения

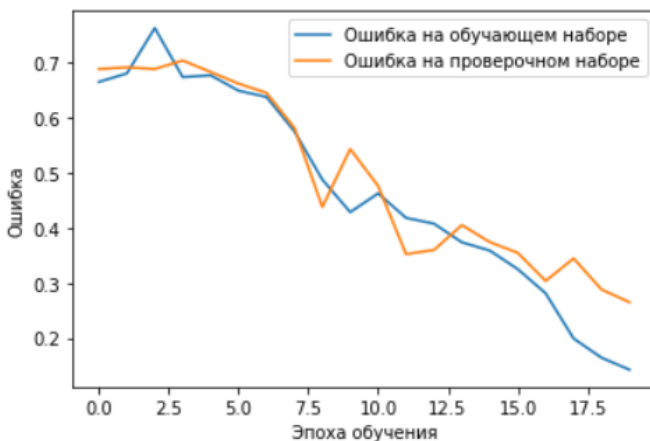


Рис. 3. График зависимости ошибки от количества эпох обучения

К концу XX-й эпохи точность модели достигла 97 % на обучающем наборе и 90 % на проверочном, что свидетельствует о том, что обучение можно завершать. При последующей проверке на 20 новых изображениях, с которыми нейронная сеть ранее не работала точность проверки составила 95 %, что говорит о том, что она готова для работы с изображениями, которые ранее не видела. При этом скорость обработки составила 1 изображение в секунду, что значительно превышает человеческие возможности.

Таким образом, можно сделать вывод об эффективности применения технического зрения на основе технологии нейронной сети для выявления дефектов несущих конструкций из различных материалов, в частности – железобетона. Такая модель сможет сигнализировать о наличии дефекта на изображении конструкции с высокой вероятностью, что позволит значительно ускорить процесс обследования. Высокая скорость обработки данных позволяет использовать для обработки не только отдельно сделанные фото, но и разбитые на кадры видео, что существенно снижает трудозатраты при обследовании и способствует повышению надежности зданий и сооружений.

Однако основным недостатком данного метода является невозможность качественной оценки обнаруженного повреждения (его размеров, площади и т.д.), потому исключить необходимость последующего инструментального обследования таким методом на данный момент не представляется возможным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Наумов, А.Е.* Совершенствование технологии проведения строительно-технических экспертиз с использованием аппаратно-программного комплекса автоматизированной дефектоскопии / А.Е. Наумов, Д.А. Юдин, А.В. Долженко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 4. С. 61-69.
2. *Буралков, П.П.* Применение нейронных сетей в задачах диагностики трещин монолитных железобетонных конструкций / П.П. Буралков, Д.С. Дехтерев. Ярославский государственный технический университет. 2022. № 2. С. 406-410.
3. *Дехтерев, Д.С.* К оценке долговечности железобетонных конструкций на основе обследования инженерно-технического состояния зданий // Science Prospects. 2022. № 5(152). С.78-81
4. *Тамразян, А.Г.* Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. № 1. С. 5–18.
5. *Симбиркин, В.Н. и др.* Сравнительный анализ применения различных моделей демпфирования при расчете сейсмической реакции сооружений в ПКSTARK ES // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 2. № 2. С. 58–64.

6. *Cha, Y. Vision-Based Concrete Crack Detection Using a Convolutional Neural Network / Y. Cha, W. Choi // Dynamics of Civil Structures. 2017. № 2. C. 71-73.*
7. *Computer Vision-Based Concrete Crack Detection Using U-net Fully Convolutional Networks / Z. Liu, Y. Cao, Y. Wang, W. Wang // Automation in Construction. – 2019. № 104. C. 129-139.*
8. *Image-Based Crack Detection Methods: A Review / Hafiz Suliman Munawar, Ahmed W. A. Hammad, Assed Haddad, Carlos Alberto Pereira Soares, S. Travis Waller // Infrastructures. 2021. № 6 C. 115.*
9. *Automatic crack detection and measurement based on image analysis / R.G. Lins, S. Givigi // IEEE Trans. Instrum. Meas. 2016. № 65. C. 583-590.*
10. *A robust automatic crack detection method from noisy concrete surfaces / Y. Fujita, Y. Hamamoto, // Mach. Vis. Appl. 2011. № 22. C. 245-254.*
11. *Methodology for assessing the technical condition of buildings and structures using the reliability criterion / Denis S. Dekhterev, Ashot G. Tamrazyan // Construction Technologies and Architecture. 2021. № 2. C.115-119.*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАМОРАЖИВАНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.А. Бегоулев, Д.С. Дехтерев

Научный руководитель – **Д.С. Дехтерев**, канд. техн. наук

Ярославский государственный технический университет

Нарушение требований по уходу за бетоном в зимний период способствует снижению качества бетона и несущей способности железобетонных конструкций. Это ставит под сомнение надежность и долговечность здания при его строительстве и дальнейшей эксплуатации. Для расчетного обоснования основных физико-механических свойств железобетонных конструкций актуален вопрос разработки методики их расчета, учитывающий влияние замораживания бетонной смеси на раннем этапе бетонирования. Для учета влияния замораживания бетонной смеси на железобетонные конструкции предлагается применение расчета по прочности нормальных сечений на основе нелинейной деформационной модели с учетом индивидуальных деформационных кривых для бетонов различного периода замораживания. Это позволит оценить основные физико-механические свойства, долговечность и надежность конструкций на любом этапе их жизненного цикла.

Ключевые слова: Бетонная смесь, замораживание бетона, физико-механические свойства конструкций, критическая прочность бетона, проектная прочность бетона, расчет по прочности нормальных сечений, нелинейная деформационная модель

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF CONCRETE MIXTURE FREEZING ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

A.A. Begoulev, D.S. Dekhterev

Scientific Supervisor – **D.S. Dekhterev**, Candidate of Technical Sciences

Yaroslavl State Technical University

Violation of the requirements for the care of concrete in winter contributes to a decrease in the quality of concrete and the bearing capacity of reinforced concrete structures. This calls into question the reliability and durability of the building during its construction and further operation. For the computational justification of the basic physical and mechanical properties of reinforced concrete structures, the issue of developing a methodology for their calculation is relevant, taking into account the effect of freezing the concrete mixture at an early stage of concreting. In order to take into account the effect of concrete mixture freezing on reinforced concrete structures, it is proposed to use the calculation of the strength of normal cross-sections based on a nonlinear deformation model taking into account individual deformation curves for concrete of different freezing periods. This will allow us to evaluate the basic physical and mechanical properties, durability and reliability of structures at any stage of their life cycle.

Keywords: *concrete mixture, concrete freezing, physical and mechanical properties of structures, critical strength of concrete, design strength of concrete, calculation of strength of normal cross sections, nonlinear deformation model*

В настоящее время актуален вопрос возведения зданий промышленного и гражданского строительства из монолитного железобетона. Необходимость круглогодичного производства работ, в том числе в зимний период, требует укладки бетонной смеси в условиях пониженных температур. В условиях зимнего бетонирования может возникнуть ситуация, в которой будут нарушены требования по уходу за бетоном, что негативно сказывается на его конечной прочности.

Для того, чтобы набор прочности бетонной смеси проходил при низких температурах воздуха, необходимо соблюдать оптимальные условия ее твердения. Замораживание бетонной смеси на раннем этапе бетонирования может привести к тому, что после оттаивания она не наберет свою марочную прочность, что приведет к снижению показателей несущей способности и физико-механических свойств железобетонных конструкций.



Рис. 1. Дефекты бетона после замораживании бетонной смеси на раннем этапе бетонирования

Нормативные документы в области зимнего бетонирования устанавливают допустимые величины разности температур наружного воздуха

ха и бетона при распалубке и скорости остывания бетона монолитных конструкций.

Минимальную прочность бетона к моменту его замерзания, достаточную для достижения им после оттаивания проектной прочности, называют критической. Величина прочности для различных классов бетона к моменту замораживания определяется согласно [1, Т. 5.7].

Таблица 1. Величина прочности для различных классов бетона к моменту замораживания

Критическая прочность для разных классов бетона монолитных конструкций, эксплуатирующихся внутри зданий, к моменту замерзания:	Не менее, % проектной прочности:
до В10	50
до В25	40
в 30 и выше	30

Для определения величины «критической» прочности бетонов проводят экспериментальные исследования, при которых изучается влияние замораживания бетона в раннем возрасте на основные физико-механические свойства и структуру железобетонных конструкций.

Полученные результаты ранее имеющихся исследований показывают, что потери прочности бетоном получаются тем больше, чем раньше он был заморожен. Особенно большая потеря набора прочности происходит при замораживании бетона сразу после приготовления.

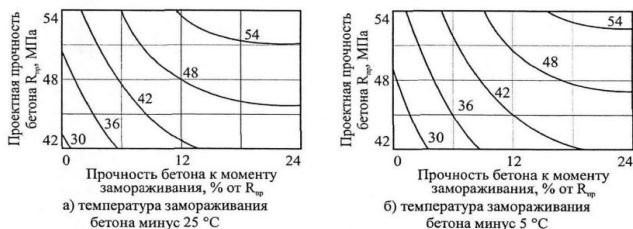


Рис. 2. Графики зависимости проектной прочности бетона от прочности бетона к моменту замораживания

При обнаружении железобетонной конструкции, в которой бетонная смесь была заморожена на раннем этапе бетонирования, необходимы специальные исследования для оценки ее конечной прочности в процессе твердения. Не всегда есть возможность демонтажа конструкции, а усиление бывает очень трудозатратным и экономически невыгодным процессом.

Актуальным вопросом исследования является разработка методики расчета железобетонных конструкций, учитывающей влияние замораживания бетонной смеси на раннем этапе бетонирования.

Для учета влияния замораживания бетонной смеси на физико-механические свойства железобетонных конструкций предлагается применение расчета по прочности нормальных сечений на основе нелинейной деформационной модели согласно [2, п.8.1.23] с построением индивидуальных деформационных кривых для бетонов различного периода замораживания.

Зависимость, связывающую напряжения и относительные деформации бетона и арматуры, определяют по формулам (1), (2):

$$\sigma_{bi} = E_b \cdot v_{bi} \cdot \varepsilon_{bi} (1),$$

$$\sigma_{sj} = E_{sj} \cdot v_{sj} \cdot \varepsilon_{si} (2),$$

где σ_{bi} – напряжение бетона i -го участка на уровне его центра тяжести;

σ_{sj} – напряжение в j -ом стержня арматуры;

E_b – начальный модуль упругости бетона;

E_{sj} – модуль упругости j -го стержня арматуры;

v_{bi} – коэффициент упругости бетона i -го участка;

v_{sj} – коэффициент упругости j -го стержня арматуры;

ε_{bi} – относительная деформация бетона i -го участка;

ε_{si} – относительная деформация j -го стержня арматуры.

Таким образом, разработка методики расчета железобетонных конструкций, учитывающей влияние замораживания бетонной смеси на раннем этапе бетонирования, позволит оценить основные физико-механические свойства конструкций на любом этапе их жизненного цикла, а также сделать вывод о их надежности, долговечности и ремонтпригодности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 70.13330.2012. Свод правил. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. М.: Изд-во стандартов, 2013. 205 с.
2. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. № 832/пр и введен в действие с 20 июня 2019 г. 124 с.
3. Черных, И.В. Изменение несущей способности изгибаемых железобетонных элементов при глубоком замораживании. М., 2003 г. 148 с.

4. *Кудайбергенова, Н.А.* Кинетика набора прочности бетона при раннем замораживании / Н.А. Кудайбергенова, Л.И. Чумадова, Н.И. Ватин, И.Г. Бакирова, А.А. Браташов, А.В. Кабанов. М., 2015 г. 11 с.
5. *Мозгалёв, К.М.* Интенсификация технологических процессов зимнего бетонирования монолитных зданий. М., 2013 г. 151 с.
6. Methodology for assessing the technical condition of buildings and structures using the reliability criterion / Denis S. Dekhterev, Ashot G. Tamrazyan // 13th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction (ICCPAC), Yerevan, Armenia, 2021. С. 115-119.
7. *Дехтерев, Д.С.* К оценке долговечности железобетонных конструкций на основе обследования инженерно-технического состояния зданий // Перспективы науки, Тамбов, 2022 г. С. 78-81.
8. *Тамразян, А.Г.* Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. № 1. С. 5–18.
9. *Кабанцев, О.В.* Особенности структуры бетона элемента конструкции, выполненной по аддитивной технологии / О.В. Кабанцев, А.В. Карлин // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. № 1. С. 55–63.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМ ИЗ ГНУТОСВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ И ФЕРМ ИЗ ПАРНЫХ УГОЛКОВ В ПОКРЫТИЯХ ЗДАНИЙ

А.С. Сайтов, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – **Г.Н. Голубь**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Произведен сравнительный анализ эффективности применения стропильных ферм со стержнями различного сечения. Было выполнено сравнение металлоемкости конструкций покрытий, на основе рассмотренных вариантов произведен анализ полученных результатов, сделан вывод о применимости и эффективности различных видов конструкций покрытия.

***Ключевые слова:** ферма покрытия, гнутосварной профиль, парные уголки*

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE USE OF TRUSSES FROM BELT-WELDED PROFILES AND TRUSSES FROM PAIRED CORNERS IN COATINGS OF BUILDING

A.S. Saitov, G.N. Golub

Scientific Supervisor - **G.N. Golub**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A comparative analysis of the effectiveness of the use of truss trusses with rods of various sections was made. A comparison was made of the metal consumption of coating structures, on the basis of the options considered, an analysis of the results obtained was made, and a conclusion was made about the applicability and effectiveness of various types of coating structures.

***Keywords:** cover truss, bend-welded profile, paired corners*

Решетчатые стропильные конструкции – стальные фермы – широко применяются для покрытий промышленных и гражданских зданий, когда требуется перекрыть значительные пролеты. Применяемые в со-

временном строительстве конструкции ферм различаются системой решетки, очертанием поясов, а также сечением стержней. Наиболее широко распространенные ранее конструкции ферм с сечением элементов из парных уголков сегодня вытесняются более легкими и эстетичными конструкциями с сечением стержней из квадратных и прямоугольных труб (гнуемых сварных профилей). В настоящее время эти два конструктивных типа ферм и их производные, остаются наиболее применяемыми в промышленном и гражданском строительстве. В настоящей работе предпринята попытка выяснить, в каких ситуациях эффективнее применять фермы из парных уголков, а в каких – из гнутых сварных профилей. В первом приближении сравнивается металлоемкость покрытия для каждого из вариантов.

Анализ литературы показывает основные преимущества и недостатки сравниваемых конструкций.

Стержни из парных уголков могут довольно точно проектироваться под конкретные условия, поскольку уголки имеют большой диапазон калибров. Они удобны для проектирования узлов на фасонках и для крепления примыкающих конструкций, не коробятся при сварке. Значительная толщина элементов сечений из уголков повышает пределы огнестойкости конструкций и даже в неблагоприятных условиях повышает долговечность. Однако ценой тому масса конструкции. Фермы из парных уголков способны выдерживать огромные сосредоточенные нагрузки, но наличие распределенных или внеузловых нагрузок делает их малоэффективными. И как раз там, где снижается эффективность ферм из парных уголков, часто могут успешно применяться фермы со стержнями из гнутых сварных профилей (ГСП).

Замкнутая форма сечения стержней ферм из ГСП придает им высокую устойчивость. Такие стержни отлично сопротивляются изгибу и кручению, что дает возможность использовать фермы из ГСП в беспрогонных кровлях с большой расчетной длиной стержня. Применение стержней замкнутого сечения позволяет более эффективно использовать металл в сжатых и внецентренно-сжатых стержнях, допустима большая тонкостенность сечения. Однако, это снижает огнестойкость конструкции, а в неблагоприятных условиях может резко снизить долговечность. Хотя, в условиях нормальной эксплуатации трубы устойчивы к коррозии (при условии герметизации внутренней полости), так как имеют меньшую поверхность, подвергающуюся коррозии, а в их сечении их почти нет конструктивных концентраторов коррозии в виде углов и других изменений сечения. Трубы легко доступны для осмотра и окраски. В трубчатых фермах сопряжение стержней осуществляется без фасок, что существенно снижает металлоемкость ферм.

Общие преимущества и недостатки рассматриваемых конструкций в литературе описаны широко и, что называется, лежат на поверхности. В данной же работе предпринята попытка оценить количественно, насколько эффективно то или иное решение в конкретных условиях применения и можно ли влиять на эту эффективность.

Исходя из вышесказанного, было произведено сравнение ферм со стержнями из ГСП и из парных уголков в трех конструктивных решениях покрытия: беспрогонная кровля с фермами с параллельными поясами и решеткой из ГСП при шаге ферм 4 м и наличии подстропильных конструкций; кровля с прогонами из швеллера с фермами с параллельными поясами с решеткой из парных уголков при шаге ферм 4 м и наличии подстропильных конструкций; кровля с прогонами из швеллера с фермами с параллельными поясами с решеткой из парных уголков при шаге ферм 6 м и отсутствии подстропильных конструкций. Сравнение было выполнено на примере части общественного здания школы размером в плане 30,6х36,0 м, расположенное в г. Ярославль с расчётным пролётом ферм 18 м.

Результаты расчета приведены в таблице 1. В общую металлоёмкость покрытия были включены подстропильные конструкции, горизонтальные и вертикальные связи, прогоны, стропильные конструкции и настил.

Таблица 1. Результаты расчета вариантов покрытия

Параметр	Гнутосварные профили (шаг ферм 4 м.)	Парные уголки (шаг ферм 4 м)	Парные уголки (шаг ферм 6 м)
Высота стропильных ферм, м.	1,85	1,79	1,84
Общая высоты конструкции покрытия, м.	2,12	2,22	2,25
Масса фермы, кг.	1027	1133	1887
Общая металлоёмкость покрытия*, т.	39,34	43,24	41,06

Таким образом, можно увидеть, что эффективность применения ферм из парных уголков повышается по мере увеличения нагрузок на ферму. Однако, при малых пролетах покрытия неэффективность таких ферм, за исключением отдельных случаев, очевидна. Для дальнейшего изучения вопроса требуется рассмотреть варианты покрытий с большими пролетами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 16.13330-2017. «Стальные конструкции». Актуализированная редакция СНиП II-23-81* / АО «НИЦ «Строительство» 2017-08-28.
2. СП 294.1325800.2017. «Конструкции стальные. Правила проектирования». АО "НИЦ "Строительство" - ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко 2017-12-01.
3. *Бирюлев В.В.* Проектирование металлических конструкций: Спец. курс. П79 Учеб. пособие для вузов / В.В. Бирюлев, И.И. Кошин, И.И. Крылов, А.В. Сильвестров. Л.: Стройиздат, 1990. 432 с.
4. Рекомендации по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных строительных конструкций. ЦНИИПроектстальконструкции, 1982.
5. Кудишин, Ю.И. Металлические конструкции: учебник для студ. Учреждений высш. проф. образования/ Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатъева и др.; под ред. Ю.И. Кудишина. 13 изд., испр. М.: Издательский центр «Академия», 2011. 688 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ НОРМИРОВАНИЯ

К.Е. Дуркина, Г.Н. Голубь

Научный руководитель – **Г.Н. Голубь**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены вопросы обеспечения пожарной безопасности проектируемых и эксплуатируемых зданий с учетом изменений нормативно-правовых актов. Рассмотрены вопросы применения СП 477.1325800.2020 «Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности».

Ключевые слова: законодательство в области пожарной безопасности, техническое регулирование в области пожарной безопасности, специальные технические условия.

ENSURING FIRE SAFETY IN CONSTRUCTION AT THE PRESENT STAGE OF RATIONING

K.E. Durkina, G.N. Golub

Scientific Supervisor – **G.N. Golub**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The issues of ensuring fire safety of designed and operated buildings are considered, taking into account changes in regulatory legal acts. The issues of application of SP 477.1325800.2020 “High-rise buildings and complexes fire safety requirements».

Keywords: legislation in the field of fire safety, technical regulation in the field of fire safety, special technical conditions

Проектирование в Российской Федерации осуществляется на двух системах нормирования: «общестроительной» и «пожарной». К «общестроительным» нормативно-правовым актам относятся:

- Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;

- Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87 «О составе разделов ПД и требованиях к их содержанию»;

- Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации РФ от 20.05.2022 г. № 914, и указанные в данном Перечне нормативные документы;

- Перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» утвержденный приказом Росстандарта от 06 июля 2022 года № 1653, и указанные в данном Перечне нормативные документы.

Система «пожарного нормирования» включает следующие нормативные правовые акты и нормативные документы по пожарной безопасности:

- Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;

- Правила противопожарного режима в Российской Федерации;

- Постановление Правительства Российской Федерации от 22 июля 2020 года № 1084 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».

- Перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», утвержденный приказом Росстандарта от 13.02.2023 г. № 318, и указанные в данном Перечне нормативные документы по пожарной безопасности.

В данный момент пункты регламентирующие требования пожарной безопасности, которые относятся к обязательным для исполнения исключены из «общестроительной» системы нормирования. В то же время в перечень документов в области стандартизации включены все «пожарные» своды правил, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований № 384-ФЗ.

В результате, вопросы обеспечения пожарной безопасности зданий практически полностью указаны в добровольных нормативных документах. Поэтому многие участники проектирования и строительства воспринимают это как возможность не выполнять требования пожарной безопасности и их грубо нарушать при выполнении расчета пожарного риска.

Приказом Росстандарта от 04.03.2021 г. №234 в перечень НПА к №123-ФЗ дополнительно был включен СП 477.1325800.2020 «Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности».

Данный свод правил устанавливает требования пожарной безопасности при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий и комплексов класса функциональной пожарной опасности Ф1.3 высотой более 75 м и зданий и комплексов других классов функциональной пожарной опасности высотой более 50 м; и не распространяется на проектирование и строительство высотных зданий и сооружений производственного, складского и сельскохозяйственного назначения.

С принятием данного СП, к сожалению, не изменились требования к спасению людей из зданий высотой более 75 м.

Самая большая высота существующей в мире пожарной автолестницы 112 м. Спасение людей с большей высоты пожарными подразделениями возможно только другими техническими решениями – вертолетами или изнутри здания (через лестничные клетки и пожарные лифты).

Для высотных зданий необходимо или вообще отказаться от пожарных проездов и основные технические решения предусматривать для спасения изнутри здания, или нормами ограничить максимальную высоту пожарного отсека, в зависимости от высоты имеющихся на вооружении гарнизона пожарной охраны пожарных автолестниц и коленчатых подъемников.

Например, если в гарнизоне имеются на вооружении 30-ти метровые автолестницы, то первый (нижний) пожарный отсек было бы логично ограничивать по высоте не более 30 м.

Вследствие этого, СП 477.1325800.2020 не предлагает эффективные мероприятия по организации пожарных подъездов и спасению пожарными подразделениями людей с высоты.

В настоящее время наиболее эффективным способом обеспечить пожарную безопасность любого объекта капитального строительства является разработка специальных технических условий по обеспечению пожарной безопасности (далее СТУ). И в рамках СТУ определяется перечень необходимых нормативных требований пожарной безопасности.

Проанализировав более сотни рассмотренных в МЧС России СТУ по пожарной безопасности, возможно определить наиболее часто встречающиеся основания для разработки СТУ:

- Приспособление для современного использования зданий, охраняемых КГИОП, имеющих отступление от требований нормативных документов по ПБ;

- Отсутствие требований к горизонтальным участкам строительных конструкций, ограничивающих объем лестничной клетки, при смещении её стен от вертикальной оси;

- Отсутствие требований к противопожарным преградам в местах уменьшения противопожарного разрыва между зданиями (случаи, не указанные в СП 4.13130.2013 и в ст. 69 и ст.37 №123-ФЗ);

- Наличие антресолей в зданиях, не относящихся к производственным (складским) или многофункциональным.

Таким образом, при современном проектировании зданий необходимо внимательно изучать не только требования нормативных документов по пожарной безопасности, но и определяться с постоянно меняющимся перечнем нормативно-правовых актов и нормативных документов по пожарной безопасности.

Единственной возможностью избежать ситуации, при которой проектирование начинается по одним нормам, проект проходит экспертизу по другим нормам, а эксплуатация осуществляется по третьим нормам пожарной безопасности, является разработка Специальных технических условий по обеспечению пожарной безопасности (СТУ) [1]. СТУ после согласования в МЧС России и Минстрой России утверждает перечень нормативных правовых актов и нормативных документов по пожарной безопасности, действующих для рассматриваемого в СТУ объекта защиты и на этапе проектирования, и на этапе эксплуатации [2, 3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вагин, А.В. и др.* Современное законодательство в области пожарной безопасности для объектов капитального строительства. // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2021. С. 8-10.
2. *Таранцев, А.А. и др.* О взаимосвязях в нормативных документах в части обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений. // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, 2016. № 4(40). С. 29- 34.
3. *Дорожкин, А.С. и др.* Вопросы обеспечения пожарной безопасности при выполнении проектной документации // Судостроение. 2017. № 2(831). С. 53-58.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ИНЪЕЦИРОВАНИЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ СТЕН ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Д.А. Макеева, А.Л. Балушкин

Научный руководитель – **А.Л. Балушкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье анализируются современные способы инъектирования каменной кладки объектов культурного наследия. Рассмотрены основные принципы и возможности их применения при реконструкции здания Ляпинской ГРЭС (Заволжский район г. Ярославля).

***Ключевые слова:** объекты культурного наследия; реконструкция; ремонт; инъектирование*

MODERN METHODS OF INJECTING MASONRY WALLS OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS

D.A. Makeeva, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor – **A.L. Balushkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article analyzes modern methods of injecting masonry objects of cultural heritage. The basic principles and possibilities of their application are considered for the reconstruction of the Lyapinskaya GRES building (Zavolzhsky district of Yaroslavl)

***Keywords:** objects of cultural heritage; reconstruction; repair*

Реконструкция и реставрация исторических зданий требует разработки технологических приёмов по их укреплению. Большинство памятников архитектуры имеют возраст от 100 лет и более, их несущие конструкции, в основном, выполнены из каменной кладки. Как правило, наружные стены исторических зданий массивны (имеют толщину 3-3,5 кирпича и более) [1].

Так как многие стены исторических зданий изготавливались по особой технологии и в течение длительного срока эксплуатации подвергались разрушающим воздействиям, в каменной кладке происходит расслоение, образование продольных щелей швов [2] (рис.1).

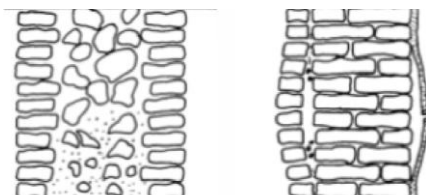


Рис. 1. Характерный вид разрушения каменной кладки несущих стен

Одним из способов восстановления эксплуатационных свойств кладки является инъецирование. Способ инъецирования состоит в подаче под давлением в поврежденную кладку специального раствора, в результате чего восстанавливается сплошность кладки, происходит ее общее замоноличивание, увеличивается ее прочность на растяжение и сжатие, улучшаются теплозащитные характеристики.

Составы для инъецирования кирпичной кладки различаются назначением, технологией применения и эксплуатационными свойствами. Подбор материала проводится в соответствии с условиями ремонта, размером повреждений, влажности рабочей поверхности [3]. На рис. 2 представлены особенности современных актуальных составов для инъецирования каменной кладки (рис.2):

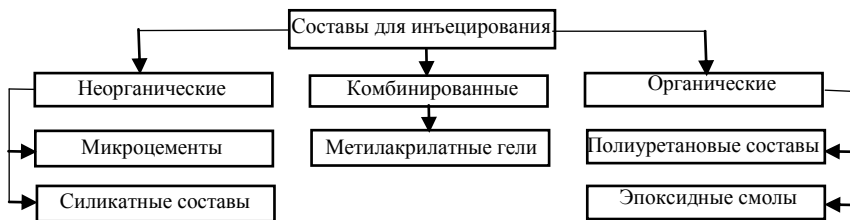


Рис. 2. Современные актуальные составы для инъецирования кирпичной кладки

1. Микроцементы. Данные материалы наиболее часто применяются при ремонте кирпичной кладки. Представляют собой сухие смеси на основе цементного клинкера тонкого помола. К преимуществам относят минимальный размер твердых частиц, обеспечивающих высокую текучесть, проникание в микропустоты, образование после отверждения мо-

нолитного вещества с характеристиками прочности бетона, экологичность, простоту приготовления, а также низкую стоимость.

2. Полиуретановые составы. Полиуретановые смолы – влагоотверждаемые, основа состава – гидроактивный полиуретан. Используются на сухом или влажном основании, в том числе для ликвидации напорной течи. При малейшем контакте с влажной средой сильно увеличиваются в объеме и превращаются в плотную массу с пористой структурой. К преимуществам относят возможность применения для блокирования сильных течей, адгезию практически к любым поверхностям, возможность регулирования скорости полимеризации, устойчивость к воздействию вибрационных нагрузок, экологичность и приемлемую стоимость.

3. Эпоксидные смолы. Представляют собой двухкомпонентные составы низкой вязкости, что позволяет применять их только в случае заделки трещин с шириной раскрытия более 3-5 мм. Этот вид наполнителей не терпит присутствия влаги, а тем более воды до своего затвердевания. Полимеризация их должна проходить только в присутствии сухого воздуха. К преимуществам относят отсутствие усадки, высокую механическую прочность, высокую адгезию к бетонным и кирпичным поверхностям, металлу без выполнения грунтования. Недостатком считается высокая стоимость и увеличенное время полной полимеризации, которое достигает одних суток.

4. Силикатные составы. Включают два компонента – жидкое стекло и раствор хлористого кальция. Подача компонентов ведется поочередно. К преимуществам относят высокую эластичность быструю отверждаемость, сохранение прочности под воздействием деформации на сдвиг, устойчивость к органическим растворителям, щелочам, солям и кислотам и невысокую стоимость.

5. Метилакрилатные гели. Метилакрилатные гели – многокомпонентные гели на основе акриловой кислоты, увеличивающие свой объем в процессе полимеризации. К преимуществам относят обладание наиболее высокой текучестью и наивысшей проникающей способностью среди инъеклируемых составов (при контакте с влажной средой гель быстро полимеризуется и создает эластичный водонепроницаемый слой), возможность регулировки сроков застывания, низкую вязкость, высокую адгезию и химическую устойчивость к широкому ряду растворителей и кислот. Недостатком является относительно высокая стоимость.

При выборе инъекционного раствора на объектах культурного наследия необходимо руководствоваться принципом обеспечения однородности кладки, поэтому вещественный состав и свойства инъекционного раствора должны соответствовать историческому кладочному раствору.

Кладка стен Ляпинской ГРЭС (Заволжский район г. Ярославля) выполнена на цементно-песчаном растворе, поэтому для лицевого слоя

кладки наиболее оптимально применять микроцементные растворы. Внутренние стены, внутреннюю версту наружных стен наполовину толщины допускается инъецировать другими видами инъекционных составов.

Для обоснования применения способа инъецирования был взят фрагмент фасада здания в осях 3-1. Данный фрагмент фасада поврежден большим количеством не сквозных силовых и температурных трещин. Была разработана принципиальная схема усиления данной стены с применением способа инъецирования и с применением системы конструкционного ремонта RSA (рис. 3). Система конструкционного ремонта RSA представляет собой структурное усиление швов кладки, заключающееся во вставке и закреплении в горизонтальных растворных швах анкеров [4].



Рис. 3. Принципиальные схемы ремонта фасада здания Ляпинской ГРЭС в осях «3-1»:

а - способом инъецирования; б - с применением системы конструкционного ремонта RSA

Таблица 1. Общие данные по усилению фасада здания Ляпинской ГРЭС в осях «3-1»

Наименование	Ед.изм	Значение
Площадь кирпичной кладки	м ²	72,63
Общая длина трещин	м	82,63

Длина трещин на 1м ² кладки	м	0,88
Общее количество пакеров, необходимое для реставрации способом инъецирования	шт	352
Общая длина спиральных анкеров, необходимая для конструкционного ремонта при помощи системы RSA	м	257,32
Стоимость работ по усилению кирпичных стен инъецированием	руб	720 910
Стоимость работ по усилению кирпичных стен спиральными анкерами RSA	руб	2 138 256

Выводы

1. При выборе инъекционного раствора на объектах культурного наследия необходимо учитывать индивидуальные параметры (тип и толщину каменной конструкции, ее влажность, размеры повреждений, соответствие колористического решения инъекционного состава историческому раствору).

2. Для здания Ляпинской ГРЭС наиболее оптимальным является применение микроцементов для инъецирования лицевой поверхности кладки стен. Рекомендуется применение метода в местах с большим количеством поверхностных трещин, где применение способа усиления с применением системы конструкционного ремонта RSA не целесообразно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Подъяпольский, С.С.* Реставрация памятников архитектуры: учеб. пособие для вузов / С.С. Подъяпольский, Г.Б. Бессонов, Л.А. Беляев, Т.М. Постникова. М: Стройиздат, 1988. 264 с.
2. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2014. 59 с.
3. *Измагилова, Ю.Р.* Традиционные и современные способы восстановления несущей способности кирпичных стен при реставрации объектов культурного наследия / Ю. Р. Измагилова, Д. Г. Золотозубов. Пермь: ПНИПУ, 2017. 6 с.
4. Принцип работы спирального анкера. Ремонт трещин и усиление кирпичной кладки. URL: <https://rsa-system.ru/princip-raboty> (дата обращения: 1.03.2023).

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И СНИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ КЛЕЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Г.А. Довлатбекян, А.Л. Балушкин

Научный руководитель – **А.Л. Балушкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье проведен анализ повышения надежности и способов снижения материалоемкости деревянных конструкций. На основании литературного обзора показано, что древесина при правильном подходе и обработке, является менее затратным и более эффективным материалом в строительстве, позволяющее изготавливать большегабаритные конструкции из отдельных элементов малых по размеру с помощью клееной древесины.

Ключевые слова: эксплуатационная надежность, сниженная материалоемкость, деревянные конструкции, клееная древесина

IMPROVING OPERATIONAL RELIABILITY AND REDUCING THE MATERIAL CONSUMPTION OF WOODEN GLUED STRUCTURES

G.A. Dovlatbekyan, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor – **A.L. Balushkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article analyzes the increase in reliability and ways to reduce the material consumption of wooden structures. Based on a review of the literature, it is shown that wood, with the right approach and processing, is a less costly and more efficient material in construction, which makes it possible to produce large-sized structures from small individual elements using glued wood.

Keywords: operational reliability, reduction of material consumption, wooden structures, glued wood

Современное строительство является наиболее крупной отраслью потребления лесоматериалов. Древесина используется для изготовления

несущих и ограждающих конструкций, отделочных материалов при возведении новых объектов, а также и при выполнении ремонтно-восстановительных работ.

Весомая доля потребления древесины в строительных объектах приходится на несущие конструкции, которые имеют развитые сечения и по характеру своей работы могут быть плоскими (воспринимают внешние воздействия в одной плоскости), или пространственными (обеспечивают совместную работу составляющих их элементов в двух или более плоскостях). Современные пространственные деревянные конструкции и деревянные клееные конструкции характеризуются многообразием форм, размеров, узлов сопряжения составных элементов.

Опыт применения деревянных конструкции показывает, что в случае нерационального их конструктивного решения необоснованно повышается расход материалов, опирается их долговечность и надежность. Использование в современных соединениях деревянных элементов металлических деталей с зубьями при запрессовке часто влечет раскалывание древесины и ослабление сечения. Кроме того, наличие металла на открытых поверхностях деревянных элементов малых сечений снижает огнестойкость сооружений, что резко ограничивает область их применения. При эксплуатации Деревянных конструкции часто подвергаются разрушению не только от внешних силовых воздействий, но и вследствие биоповреждения, что значительно уменьшает срок службы зданий и сооружений. Указанные причины приводят к повышению расхода древесины в строительстве и неоправданному увеличению объемов лесозаготовок. Это наносит значительный ущерб природе, поскольку лес является не только важнейшим источником сырья, но и обеспечивает экологическое равновесие. [1].

Деревянных клееных конструкций имеют значительную эффективность. Несущие элементы таких покрытий были прямолинейные или криволинейные пространственные конструкции из сплоченных досок. Это позволяло изготавливать большеразмерные конструкции из отдельных элементов, малых по размерам [2].

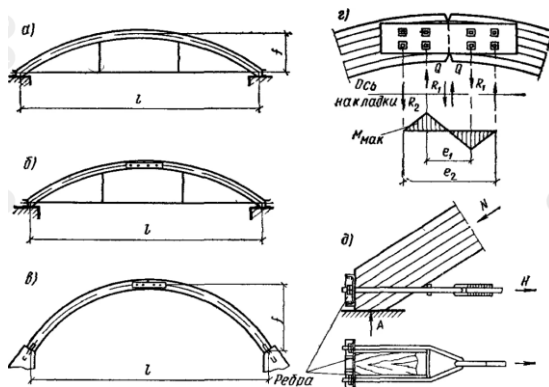


Рис. 1. Пример клееной деревянной конструкции

Применение клееной древесины в строительных конструкциях позволяет получать конструктивные элементы больших размеров по сечению и по длине, что дает возможность создавать несущие конструкции больших пролетов и под большие нагрузки. Клееные деревянные конструкции являются наиболее качественными и надежными, так как изготавливаются из высушенных пиломатериалов, менее подверженных растрескиванию и короблению, а также благодаря удалению дефектных мест. Качество их повышается и за счет рационального размещения досок в зависимости от их сорта в поперечном сечении элементов в соответствии с напряженным состоянием.

Практика показывает, что применение клееных деревянных конструкций в гражданских зданиях типа спортзалов, крытых рынков, павильонов снижает массу покрытия в 4...5 раз, трудоемкость монтажа до 20 %, расход стали до 50 % и позволяет существенно увеличивать перекрываемые пролеты [3].

Основными недостатками деревянных конструкций являются их подверженность гниению и горению. Однако конструкции из клееных деревянных элементов крупных сечений имеют достаточно высокий предел огнестойкости, а соблюдение требований конструктивной и химической защиты от гниения гарантирует необходимую долговечность их эксплуатации. Однако в ряде случаев деревянные конструкции имеют повышенную стоимость, и древесина высокого качества в ряде районов страны дефицитна. Поэтому Применение деревянных конструкций дает наибольший экономический эффект в районах, богатых лесами, где лесоматериалы имеют пониженные цены и недефицитны, а производство сборного железобетона менее развито и он относительно дорог.

Исходя из вышесказанного, наиболее высокая эффективность использования и снижения материалоемкости деревянных конструкций, выявляется путем успешного применения в строительстве и будет зависеть от степени использования положительных свойств древесины и устранения или ограничения влияния отрицательных свойств.

Таким образом, можно увидеть, что эффективность конструкций на деревянной основе имеет свои положительные и отрицательные качества, но при необходимой обработке и использовании клееной древесины, можно добиться меньшей трудоемкости, материалоемкости и затрат в строительстве, с наиболее высоким уровнем надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вешняков, А.В.* Оптимизация материалоемкости деревянных пространственных конструкций. Информ. листок /ЦНТИ; № 207-96. 1996. 3 с.
2. *Серов, Е.Н.* Применение клееных деревянных конструкций в спортивных сооружениях // Конструкции из клееной древесины и пластмасс: меж-вуз. сб. Л., 1980. С. 5-7.
3. *Иванов, В.А.* Конструкции из дерева и пластмасс / В.А. Иванов, В.З. Клименко. 1983.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИКО-
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНСТРУКЦИЙ
ИЗ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ И ПИЛОМАТЕРИАЛОВ**

Н.А. Акельев, А.Л. Балушкин

Научный руководитель – **А.Л. Балушкин**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Описываются и приводятся к сравнению основные характеристики пиломатериала и ЛСТК, рассматриваются экономические показатели материалов.

***Ключевые слова:** легкие стальные тонкостенные конструкции, пиломатериал, сравнение материалов, конструкции*

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TECHNICAL
AND ECONOMIC INDICATORS OF STRUCTURES
FROM LIGHT STEEL THIN-WALLED STRUCTURES
AND LUMBER**

N.A. Akelev, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor - **A.L. Balushkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The main characteristics of lumber and LSTC are described and compared, the economic indicators of materials are considered.

***Keywords:** light steel thin-walled structures, lumber, comparison of materials, structures*

Пиломатериал, ЛСТК и их характеристики

Основными материалами для изготовления каркаса здания является обрезной пиломатериал и ЛСТК.

ЛСТК – легкие стальные тонкостенные конструкции – строительные конструкции, спроектированные и изготовленные из

стальных холодногнутых оцинкованных профилей толщиной не более 4 мм.

В настоящее время ЛСТК находят все более широкое применение в отечественной строительной практике. К достоинствам данной технологии можно отнести короткие сроки возведения конструкции, хорошую устойчивость к воздействию влаги, огня, вредителей, плесени и другим вредным факторам, высокий уровень прочности, стабильность и экологичность конструкции.



Рис. 1. Конструкция из ЛСТК-профилей

Однако изделия из ЛСТК несмотря на то, что они оцинкованы, подвержены коррозии. Кроме того, в ограждающих конструкциях из ЛСТК возможно появление «мостиков холода». Эта проблема решается применением просечных профилей или квалифицированно проведёнными работами по теплоизоляции.

Ещё одним преимуществом конструкций из тонкостенных профилей является то, что на заводе изготавливают профили необходимой длины и с заранее подготовленными отверстиями для прокладки коммуникаций. Это исключает необходимость доработки конструкции на строительной площадке.

Конструкции из древесины по своим характеристикам достаточно приближены к ЛСТК по многим показателям, однако их отличают следующие характеристики:

- Теплотехническая однородность. Древесина характеризуется невысокой теплопроводностью, что придаёт ей хорошие теплоизоляционные свойства.
- Древесина считается более подходящим материалом для ощущения комфорта внутри дома. Сторонники этой точки зрения указывают на то, что в здании с металлическим каркасом, несмотря на материал обшивки (например, гипсокартон с утеплителем), будет ощущаться значительный уровень электромагнитного фона, вызванный электросетями и использованием бытовой техникой.
- Технологичность материала. Если в ходе монтажа потребовалось нарушить целостность какой-либо стойки (при прокладке сетей), то можно ослабить нужный элемент (до $\frac{3}{4}$ площади поперечного сечения) без угрозы снижения несущей способности для всей конструкции.



Рис. 2. Деревянные конструкции

Стоит отметить, что существуют значительные недостатки деревянных конструкций:

- Возможность возгорания и слабая устойчивость к влажности. Необходимо соблюдать технологию гидроизоляции и проводить обработку специальными составами. Тем не менее, изделие из древесины всё равно будет подвержено, в отличие от стальной конструкции, процессам гниения, образованию плесени, воздействию вредных насекомых и т.д.

Для сравнения показателей рассмотрим характерные по конструкции стены из ЛСТК и пиломатериала.

Стена на деревянном каркасе будет иметь следующий состав:

- Гипсокартон + ГВЛ: 25 мм;
- Пароизоляция;
- Деревянный каркас с заполнением минватой 150 мм;
- Ветрозащитная мембрана;
- Обрешетка 50 мм;
- Фиброцементные панели: 15 мм.

Стена на металлическом каркасе состоит из:

- Гипсокартон + ГВЛ: 25 мм;
- Пароизоляция;
- Оцинкованный стальной каркас с заполнением минватой 150 мм;
- Ветрозащитная мембрана;
- Шляпный профиль 50мм;
- Фиброцементные панели: 15 мм.

Таблица 1. Сравнительный анализ физических характеристик стен из ЛСТК и дерева

Показатель	Деревянный каркас	ЛСТК
Толщина стены	240 мм	240 мм
Сопротивление теплопередаче Нормативное значение по СП 50.13330.2012 — 3.28 м ² х°С/Вт	4.05 м ² х°С/Вт	4.05 м ² х°С/Вт
Полностью негорючие материалы	-	+
Всесезонное строительство	+	+
Отсутствие усадки / деформаций	-	+
Прокладка инженерных сетей на этапе возведения стен	+	+
Минимум «мокрых» процессов в строительстве	+	+
Экологическая безопасность	+	+
Идеальная геометрия здания	-	+
Устойчивость к многократному замораживанию- размораживанию	-	+
Простая реставрация / изменение фасадной отделки	+	+
Возможность изготовления заводских полуфабрикатов	-	+
Необходимость обработки после изготовления	+	-
Возможность перекрытия больших пролетов	-	+

В таблице 1 знак «+» соответствует наличию данного показателя у конструкции, возможности использования в определенных условиях. Знак «-», напротив, означает отсутствие характеристики у конструкции из выбранного материала.

Конструкции из оцинкованной стали являются более долговечными и безопасными, в сравнении с аналогичными деревянными конструкциями, так как обладают огнестойкостью. Древесина – горючий материал, который даже при обработке антипиренами не достигнет предела огнестойкости конструкции, выполненной из стали.

Большой проблемой деревянных конструкций становятся такие факторы, как повышенная влажность, вредители в виде насекомых, отсутствие должного уровня вентиляции. Сталь, напротив, не подвержена разрушению от грибов, ее не повреждают жуки и грызуны.

Что касается уровня теплозащиты, то при использовании современных долговечных, негорючих и экологичных изоляционных материалов обеспечить комфортные условия для проживания в здании из ЛСТК на уровне здания с деревянными конструкциями – не является неразрешимой проблемой.

Экономическая оценка деревянных и ЛСТК-конструкций

Немаловажным фактором для выбора материала изделия является стоимость в реальной конструкции. Для оценки экономической выгоды рассмотрим габариты, вес, цену и транспортную массу.

Таблица 2. Сравнительный анализ экономических показателей стен из ЛСТК и древесины

Показатель	Деревянный каркас	ЛСТК
Отдельная стойка	150x50x6000 мм	150x50x6000 мм
Вес 1 м.п. стойки	3,87 кг	2,5 кг
Вес 1 м.п. каркасной стены	~40кг	~30кг
Количество стоек в 1 м.п. каркасной стены	2 шт.	2 шт.
Цена 1 м.п стойки	180 руб.	328 руб.
Стоимость стоек для 1 м.п. каркасной стены	360 руб.	656 руб.
Транспортный объем в 100м ³	2200 шт. 13200 м.п	4800 шт. 28800 м.п
Транспортная масса	2200шт → 60т	4800шт → 11,52т

В заключении можно отметить, что преимуществом строительных изделий из ЛСТК является возможность точного, быстрого и эффективного строительства, ремонта и реконструкции гражданских зданий. Рас-

ходы на элементы ЛСТК-конструкции выше, чем на деревянные. Однако, стоит помнить, что для того, чтобы приблизиться к тем же характеристикам, что и у ЛСТК-конструкций, для деревянных изделий необходимы дополнительные расходы на защиту древесины несущих и ограждающих конструкций от воздействия пожара и факторов биологической коррозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 31 - 01 - 2003 Здания жилые многоквартирные. Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу. Москва, 2004. 18 с.
2. СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные – Введ. 04.06.2017 – Москва: Минстрой России, 2017. 56 с.
3. *Ватин, Н.И. и др.* Конструирование зданий и сооружений. Лёгкие стальные тонкостенные конструкции // Изд-во Политехн. Ун-та 2012.
4. *Гуськов, И.М.* Эксплуатация деревянных конструкций. М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1982. 101с.
5. *Кудишин, Ю.И.* Металлические конструкции: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя и др.; Под общ. ред. Ю.И. Кудишина. 8-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 688 с.

СОВРЕМЕННЫЕ БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

Д.В. Козин, А.Л. Балushкин

Научный руководитель – **А.Л. Балushкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье описываются основные принципы проектирования и строительства шумозащитных экранов. Актуальность работы связана с необходимостью соблюдения данных норм и правил с целью предупреждения негативных последствий в процессе СМР, а также при эксплуатации ШЗЭ.

Ключевые слова: шум, шумозащитный экран

MODERN BASIC PRINCIPLES OF DESIGN AND CONSTRUCTION OF NOISE SCREENS

D.V. Kozin, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor - **A.L. Balushkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article describes the basic principles of the design and construction of noise screens. The relevance of the work is connected with the need to comply with these norms and rules in order to prevent negative consequences in the process of SMR, as well as during the operation of SHSE.

Keywords: noise, noiseshield

Устройство шумозащитных экранов является одним из перспективных направлений работы строительного комплекса крупных городов. Актуальность данного направления работы, в первую очередь, продиктована активным внедрением данной технологии в строительную повестку при развитии инфраструктуры. Данная технология является одной из основных для создания благоприятной среды проживания в условиях динамического развития и увеличения видов источников шума, которые с каждым днем оказывают все большее негативное влияние на человека. ШЗЭ ограждает не только от давления шума, но является также и барьером для химических вредных вещества, взвешенных частиц, и т.д.

Запрос на проектирование и строительство ШЗЭ в настоящее время достаточно высок, поэтому в данной статье отражены базовые принципы, на которые стоит обратить внимание при решении вышеуказанных задач.

В соответствии с результатами инженерно-геологических изысканий в центральном федеральном округе (на примере Московского региона) основанием фундаментов ШЗЭ в основном являются: песок средней крупности, средней влажности, влажный и водонасыщенный; песок гравелистый рыхлый, глина тугопластичная, суглинок полутвердый. В связи с этим, фундаменты, как правило, свайные, состоящие из ростверка монолитного и сваи буронабивной. Основной проблемой при производстве работ по устройству буронабивных свай в городских условиях является обширные сети подземных и надземных коммуникаций, повреждения которых могут вызвать серьезные сбои в системах жизнеобеспечения города. Этап прохождения фундаментами подземных коммуникаций является наиболее сложным и ответственным. Отметки труб существующих коммуникаций в местах пересечения с осью ШЗЭ при производстве работ необходимо уточнять по месту в присутствии владельцев, эксплуатирующих данные коммуникации. В случае, когда это невозможно, данная проблема решается как документальным путем – проверка точки бурения на генпланах и сводных планах сетей, так и технически – с помощью «трассоискателя» проверяется наличие подземных коммуникаций. В обязательном порядке производится шурфовка на глубину не менее 1,5 м. Получается ордер на земляные работы. Кроме того, важно обратить внимание на расположение металлического каркаса в теле буронабивной сваи. Нагрузки на верх фундамента рассчитываются в зависимости о высоты экрана. Боковые поверхности, соприкасающиеся с землей, в обязательном порядке, обрабатываются горячим битумом, устраиваются водопропускные трубы [1].

Изготовление металлических конструкций ШЗЭ должно соответствовать требованиям следующих нормативных документов: ГОСТ 23118-2019 «Конструкции стальные строительные», СП 53-101-98 «Изготовление и контроль качества стальных конструкций», СП 70.1333.2012 «Несущие и ограждающие конструкции». Важным моментом в устройстве стальных конструкций является антикоррозийная защита, в частности, на наш взгляд, наиболее эффективный и хорошо себя зарекомендовавший вид - горячее цинкование (не менее 80 мкм) [2]. Монтаж металлических конструкций необходимо проводить только при достижении бетона не менее 70 % прочности на сжатие, с выполнением подливки из полимерраствора под площадки опор стоек. Крепление стоек можно производить на химические анкера или на закладные детали, на наш взгляд, крепление с помощью закладных является надежнее и экономичнее.

Регламенту подлежат также непосредственно и сами панели ШЗЭ. В настоящее время пальму первенства однозначно держат экраны, выполненные из металла, поскольку они сочетают в себе наиболее важные качества – долговечность, высокий уровень шумоизоляции, прочность, легкость монтажа. С их подробными характеристиками можно ознакомиться в соответствующем ГОСТ. Касательно проблемных моментов, связанных с экранами хотелось бы отметить следующее: во-первых, зачастую не предусматривается стальной трос для крепления панелей к стойкам, что является важным как с точки зрения антивандальной меры, так и с точки зрения безопасности людей и транспорта при «выпадании» панели», например, при некачественном монтаже или сильном порывистом ветре; во-вторых, зачастую, строители при производстве монтажных работ нарушают целостность лакокрасочного покрытия, что приводит к коррозии конструкции.

Важным элементом конструкции ШЗЭ, который, зачастую упускают при проектировании или строительстве является заземление. Характеристики устройства заземления должны отвечать требованиям обеспечения электробезопасности и обеспечивать в нормальных и аварийных условиях следующие эксплуатационные функции: отвод в грунт токов и молний; защиту подземного оборудования и коммуникаций от токовых перегрузок; стабилизацию потенциалов относительно земли и защиту от статического электричества; обеспечение взрыво- и пожаробезопасности.

В качестве основных мероприятий обеспечивающих долговечность данных строительных конструкций предусматриваются технические осмотры и своевременный текущий ремонт, поврежденных мест не менее 1 раз в год. Также в последнее время экспериментально как мера по антивандальной защите ШЗЭ применяется прозрачный полимер, который наносится на панели экрана. Данная мера облегчает очистку экранов от вандальных надписей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 33329-2015 Экраны акустические для железнодорожного транспорта. Технические требования.
2. ГОСТ Р 51943-2002 «Экраны акустические для защиты от шума транспорта».

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ СТАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ОТ КОРРОЗИИ

Д.О. Тюльпинов, А.Л. Балушкин

Научный руководитель – **А.Л. Балушкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье производится обзор методов защиты подземных стальных горизонтальных резервуаров от коррозии.

***Ключевые слова:** нефтяной резервуар, защита резервуаров коррозионное разрушение*

MODERN METHODS FOR PROTECTING UNDERGROUND STEEL HORIZONTAL TANKS FROM CORROSION

D.O. Tyulpinov, A.L. Balushkin

Scientific Supervisor – **A.L. Balushkin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article provides an overview of methods for protecting underground steel horizontal tanks from corrosion.

***Keywords:** oil reservoir, protection of reservoirs, corrosion damage*

Автозаправочные станции, сокращённо АЗС – это комплекс зданий с оборудованием, предназначенный для приема, хранения и выдачи нефтепродуктов транспортным средствам, продажи масел, консистентных смазок, запасных частей, принадлежностей к транспортным средствам и оказания услуг владельцам индивидуальных транспортных средств. На сегодняшний день они являются важной частью жизни любого человека, каждая АЗС ежедневно снабжает топливом более 500 автомобилей.

Основа любой АЗС резервуарный парк, составляющий иногда десятки различных резервуаров как по объёму, так и по режиму эксплуатации, поэтому обеспечение безопасности таких сооружений очень актуально на сегодняшний день.

Аварийные разливы нефтепродуктов, иногда возникающих при повреждении подземных резервуаров в результате действия коррозии являются одним из наиболее опасных видов чрезвычайных ситуаций. Они могут нанести ущерб окружающей среде, повлечь гибель или нанести ущерб здоровью людей, а также могут привести к серьёзным материальным потерям.

АЗС часто располагаются в тесной городской застройке, населенных пунктах, на автомобильных трассах вблизи лесных массивов, поэтому даже относительно небольшие объёмы разлитых нефтепродуктов в некоторых условиях могут представлять большую опасность.

Резервуары подвергаются воздействию коррозии с наружной и с внутренней стороны. Снаружи резервуары корродируют под действием грунтовых вод. Внутри резервуаров коррозия зависит в основном от частоты заполнения их нефтепродуктами, химического состава нефтепродуктов, наличия в топливе воды

На данный момент используют два вида защиты подземных стальных резервуаров от коррозии: первый - установка протекторной катодной защиты, второй – нанесение изолирующих лакокрасочных или металлизационных покрытий [1]. Каждый из этих методов имеет свои преимущества.

Краска – относительно недорогой материал, который способен существенно повысить стойкость обработанной поверхности к коррозии. Создание прочного лакокрасочного покрытия не требует больших финансовых затрат, применения сложного оборудования, использования дополнительных материалов для обеспечения особых условий, необходимых для качественной обработки [2].

Катодная антикоррозийная защита (рис. 1) металлических поверхностей в настоящее время признается наиболее эффективной. Для катодной защиты стальных резервуаров чаще всего производится катодная поляризация гальванического типа. При такой схеме металлическая конструкция контактирует с металлом, который имеет больший электроотрицательный потенциал (алюминий, магний, алюминиевые сплавы, цинк). При этом под анодом понимают оба металла (основной и защитный). Растворение (имеется в виду сугубо электрохимический процесс) электроотрицательного материала приводит к протеканию через предохраняемое изделие необходимого катодного

тока. С течением времени происходит полное разрушение металла- "защитника".

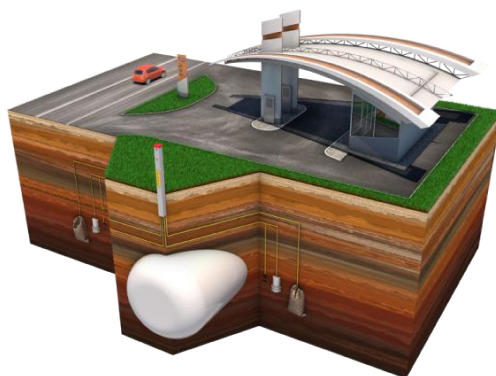


Рис. 1. Катодный метод защиты резервуара

Катодный метод защиты от коррозии отличается невысокими затратами, которые необходимы для подготовки и нанесения покрытия. Обработку резервуара выполняют без предварительной подготовки металлической поверхности.

Так же существует метод защиты резервуара, который широко распространен за рубежом, путем нанесения на него дополнительного слоя металла – металлизация. Этот способ защитной обработки широко применяют за рубежом. Он имеет ряд преимуществ таких как:

- Защитное покрытие имеет длительный срок службы, который превышает период эксплуатации лакокрасочного материала и результата катодной обработки.

- Металл создает прочное покрытие, устойчивое к механическим повреждениям и обладающее высокой адгезией с поверхностью.

- Обработанная поверхность приобретает высокую электропроводность, благодаря которой во время налива и слива материала не происходит накопление статического заряда. Это снижает риск возникновения пожара или взрыва.

- Металлизационное покрытие может выполнять две функции. Пока слой сохраняет целостность, он обеспечивает высокий уровень защиты металла от коррозии. В случае повреждения защитного покрытия, металл начинает выполнять функцию протекторной защиты, играя роль жертвенного анода. [3]

Следующим видом покрытий являются комбинированные покрытия. При этом методе антикоррозийная защита резервуаров обеспечивается путем металлизации и нанесения лакокрасочного покрытия. Этот способ сочетает в себе все преимущества других методов защиты. Появление дефектов легко определить еще до начала коррозии поверхности резервуара по характерному вспучиванию металла в области повреждения. Комбинированное покрытие обеспечивает надежную защиту при эксплуатации с высоко агрессивными средами.

Общим положительным качеством всех перечисленных видов покрытий является их ремонтпригодность, то есть возможность локального восстановления в случае возникновения местных дефектов. В этом случае на первое место по актуальности выходит задача своевременного обнаружения возникших дефектов покрытия за счет использования современных методов и систем диагностирования и контроля состояния покрытий резервуаров.

Таким образом можно сказать, что на сегодняшний день защита от коррозии резервуаров является одной из распространенных проблем. Так как известные методы защиты от коррозии недостаточно безупречны и совершенны. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Наиболее оптимальным способом защиты стальных подземных резервуаров с экономической точки зрения является нанесение лакокрасочных материалов. Для нанесения лакокрасочных покрытий следует применять пневматическое распыление с подогревом лакокрасочного материала. Покрытие, полученное данным способом, отличается высокой долговечностью и повышенной адгезией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 72.13330.2016 Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии.
2. Антикоррозийная защита резервуаров. URL: <https://www.npommz.ru> (Дата обращения 20.12.2022 г.).
3. Антикоррозийная и протекторная защита резервуаров. URL: <https://www.flamax.ru> (Дата обращения 20.12.2022 г.).

УСИЛЕНИЕ ОСНОВАНИЯ ПОД ПОЛОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Д.А. Конасова, С.А. Тумаков

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрен метод расчета железобетонного пола производственного здания на основании с грунтовой компенсационной подушкой и с армирующими вертикальными элементами.

Ключевые слова: компенсационная грунтовая подушка; вертикальные армирующие элементы; расчетная модель; слабые грунты

REINFORCEMENT OF THE FLOOR UNDER THE FLOOR OF THE PRODUCTION BUILDING

D.A. Konasova, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – **S.A. Tumakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers a method for calculating the reinforced concrete floor of an industrial building on a base with a ground compensation cushion and with reinforcing vertical elements.

Keywords: slab foundation; compensation cushion; vertical reinforcing elements; limit state

Большая часть регионов России имеет сложные инженерно-геологические условия, а именно специфические грунты (просадочные, органо-минеральные и др.), высокий уровень подземных вод. В подобных случаях целесообразно усиливать основание под полом зданий с использованием компенсационной подушки и армирующих элементов.

Исследованием работы конструкций фундаментов с компенсационной подушкой и армирующими элементами занимаются отечественные авторы, такие как Мирсаяпов И. Т., Мариничев М. Б., Караулов А.М.,

которые показали эффективность применения данного решения усиления основания [1,2].

Производственный цех кондитерских изделий расположен в городе Ростов Ярославской области на Савинском шоссе 32. Здание в плане прямоугольной формы с габаритами в осях 72,0х60,0 м. Максимальная высота равна 12,785 м. Внутренний каркас выполнен из железобетонных колонн размерами 0,4х0,4 м с шагом 6,0 м, стропильные и подстропильные конструкции – стальные фермы. Покрытие здания спроектировано из сэндвич-панелей толщиной 150 мм, уложенных по стальным прогонам. Наружные стены – сэндвич-панели толщиной 120 мм. Фундамент под колонны свайный. Пол цеха выполнен в виде железобетонной плиты толщиной 250 мм.

В связи со слабыми грунтовыми условиями принято решение усилить основание под полом. В качестве армирующих элементов используются забивные сваи. Компенсационная подушка выполнена из щебеночно-гравийной смеси с модулем деформации $E=50$ МПа. Конструкция усиления основания под полом представлена на рис. 1.

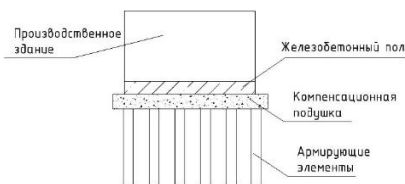


Рис. 1. Конструкция усиления основания под полом

В данном исследовании в программном комплексе SCAD Office была создана модель железобетонного пола производственного цеха размерами 72,0х60,0 м на армированном основании с промежуточной грунтовой подушкой (рис.2). Плита пола замоделирована в виде пластины (44 тип элемента). Грунтовая подушка построена из объемных элементов (36 тип элемента) с разбивкой 0,4х0,3х0,4 м толщиной 1,6 м. Под ней выполнена дополнительная фиктивная оболочка толщиной 0,05 м для учета влияния грунтового массива вокруг армирующих элементов (44 тип элемента). Железобетонные сваи сечением 0,35х0,35 м замоделированы пространственными стержнями длиной 10,0 м с шагом 2,4 м и 2,5 м, соединенные с грунтовой подушкой при помощи твердых тел и опирающиеся на связь конечной жесткости (КЭ-51), определяемой размерами осадки одиночной сваи с учетом влияния соседних свай по формуле (1).

$$s = \left(\beta + \sum \delta \right) \frac{N}{Gt}, \quad (1)$$

где β, δ – расчетные коэффициенты; N – вертикальная нагрузка, передаваемая на сваю, МН; G – модуль сдвига, МПа; l – длина сваи, м.

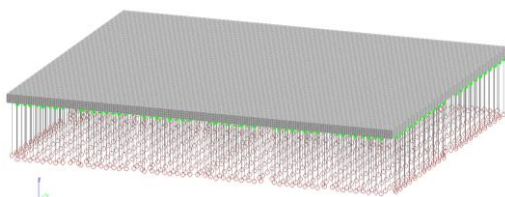


Рис. 2. Расчетная модель фундамента

Расчет плиты пола на упругом основании выполнялся с учетом влияния соседних свай под нагрузкой от оборудования и собственного веса. Для этого в программе КРОСС были заданы грунтовые условия и произведен расчет коэффициентов постели в процессе последовательных приближений, которые передавались в SCAD Office (рис. 3).

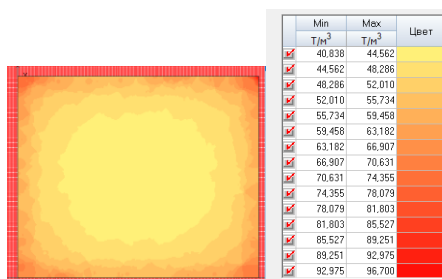


Рис. 3. Коэффициенты постели

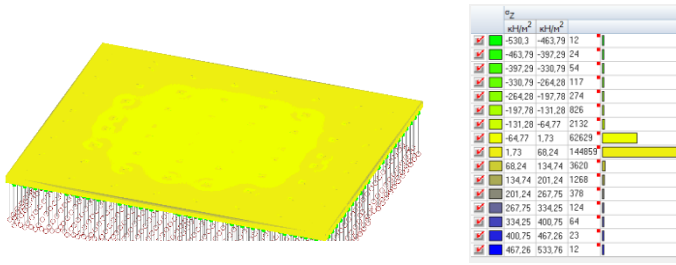


Рис. 4. Реактивный отпор грунта под компенсационной грунтовой подушкой

В результате расчета получены значения R_z (реактивный отпор грунта под компенсационной грунтовой подушкой (рис.4); напряжения в грунтовой компенсационной подушке (рис. 5).

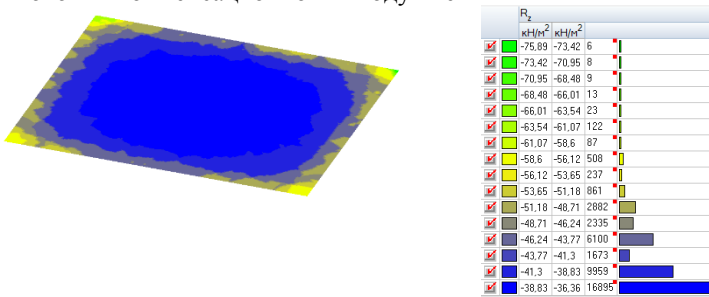


Рис. 5. Распределение напряжений σ_z в компенсационной подушке

В результате вычислений была произведена проверка предельного состояния грунтовой компенсирующей подушки по условию Боткина А.И. для сложного напряженного состояния [3]:

$$\tau_{\text{ОКТ}} \leq tg\varphi * \sigma_{\text{ОКТ}}, \quad (2)$$

где φ – угол внутреннего трения, для гравийного (щебенистого) грунта $\varphi = 35^\circ$; $\tau_{\text{ОКТ}}, \sigma_{\text{ОКТ}}$ – касательные и нормальные напряжения, действующие на октаэдрической площадке, определяющиеся по формуле:

$$\tau_{\text{ОКТ}} = \frac{\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}}{3}, \quad (3)$$

$$\sigma_{\text{ОКТ}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}, \quad (4)$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – главные нормальные напряжения, определенные результате расчета в программе SCAD Office, кН/м².

Расчетом было подтверждено выполнение условия (2).

Таким образом, основными преимуществами усиления основания пола армирующими элементами является улучшение деформационных и прочностных характеристик грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мирсаяпов, И. Т.* Расчетная модель несущей способности и осадок грунтового основания, армированного вертикальными и горизонтальными элементами // Известия КГАСУ, 2016, № 3 (37). С. 179-187.
2. *Мариничев, М.Б.* Оценка эффективности свайно-плитных фундаментов с промежуточной подушкой на примере высотных зданий в сейсмических районах Краснодарского края. Вестник ТГАС 2017;(2): С. 182-191.
3. *Боткин, А.И.* О прочности сыпучих и хрупких материалов // Изв. НИИ гидротехники. М., 1940. Т. XXVI. С. 205–236
4. *Конасова Д. А.* Плитный фундамент с грунтовой компенсационной подушкой на армированном основании / Д.А. Конасова, А.А. Лучкина // Fundamental science and technology : Сборник научных статей по материалам X Международной научно-практической конференции, Уфа, 20 декабря 2022 года. Том Часть 4. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2022. С. 119-133.

ОЦЕНКА ОБЩЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Ю.В. Силаева, С.А. Тумаков

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается расчет общей устойчивости многоэтажного здания. Приведен результат расчета коэффициента запаса общей устойчивости системы в программно-вычислительном комплексе (ПВК) SCAD Office в зависимости от геометрических параметров пилонов.

***Ключевые слова:** устойчивость, коэффициент запаса устойчивости, метод конечных элементов*

ASSESSMENT OF THE GENERAL STABILITY OF A MULTISTOREY RESIDENTIAL BUILDING

Y.V. Silaeva, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – **S.A. Tumakov**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The calculation of the overall stability of a multi-storey building is considered. The result of calculating the safety factor of the overall stability of the system in the SCAD Office software-computer complex (PCC) depending on the geometric parameters of the pylons is given.

***Keywords:** stability, stability factor, finite element method*

Вопрос обеспечения общей устойчивости зданий и сооружений очень важен на этапе проектирования.

Этапы развития теории устойчивости конструктивных элементов зданий разобраны в [5].

Для рассмотрения вопроса общей устойчивости здания было проведено исследование конкретного здания: Жилой дом переменной этажности общей площадью 58720 м² по ул. Лисицына в г.Ярославле. Несущие конструкции здания приняты по каркасно-стеновой схеме, выполне-

ны из монолитного железобетона. Пространственная жесткость здания и его геометрическая неизменяемость обеспечена совместной работой монолитных пилонов, стен лестнично-лифтовых узлов и монолитных дисков безбалочных перекрытий и покрытия. В качестве фундаментов использована монолитная железобетонная плита. Прочность железобетонных элементов, составляющих каркас здания, обеспечена путем их достаточного армирования. Местная устойчивость этих элементов обеспечена рациональным подбором сечения.

Оценка общей устойчивости здания и определение коэффициента запаса общей устойчивости определялось при помощи программно-вычислительного комплекса SCAD, реализующего метод конечных элементов.

В расчетной модели учтены статические нагрузки: собственный вес конструкций здания, снеговая нагрузка на покрытие, полезная нагрузка, ветровая нагрузка.

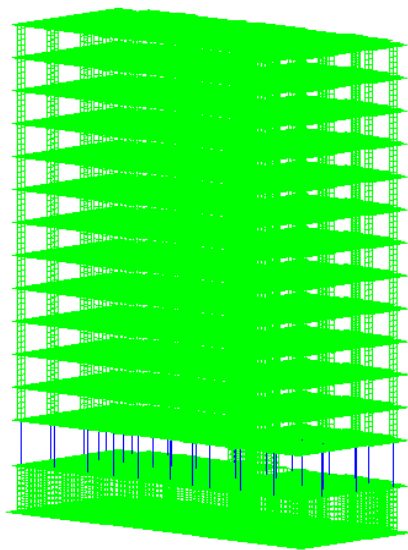
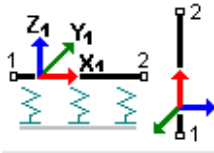
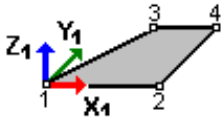


Рис. 1. Схема конечно-элементной модели

Для моделирования были выбраны основные типы конечных элементов: универсальные четырехугольные оболочечные элементы – тип 44 и пространственные стержни – тип 5.

Таблица 1. Основные типы конечных элементов расчетной схемы

1	2	3
Картинка		
Тип элемента	Пространственный стержень – тип 5	4-х угольный КЭ оболочки – тип 44
Краткое название	Стержень	Оболочка (Пластина)
Степень свободы	X, Y, Z, U _X , U _Y , U _Z	X, Y, Z, U _X , U _Y , U _Z
Усилия	N, M _K , M _Y , Q _Z , M _Z , Q _Y	M _X , M _Y , M _{XY} , Q _X , Q _Y
Жесткостные характеристики	Материал - Бетон В35 Объемный вес 2.5 Т/ м ³ Параметры: E=3520000 Т/м ³ Сечение 200x1000 Сечение 300x1200 Сечение 400x1600	Изотропный материал - Бетон В35 Объемный вес 2.5 Т/ м ³ Параметры: E=3520000 Т/м ³

По результатам расчета на устойчивость получены следующие коэффициенты запаса устойчивости:

Таблица 2. Результаты расчета

Тип конечного элемента	Наименование загрузки/ комбинации	Размеры поперечного сечения	Значение коэффициента запаса устойчивости
Пространственный стержень – тип 5	Нагрузка	200x1200	5,668
	Нагрузка	300x1200	8,686
	Нагрузка	400x1600	8,803

Выводы:

По полученным данным видна зависимость, с увеличением поперечного сечения пилонов увеличиваются коэффициенты запаса устойчивости.

Согласно п. 6.2.8. [2] запас по устойчивости системы должен быть не менее чем двукратным. Следовательно, общая устойчивость рассматриваемого здания обеспечена. Полученные в результате расчета коэффи-

циенты соответствуют нормам и подтверждает правильность конструктивных решений каркаса здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 *Владыко, А.И.* «Обеспечение пространственной жесткости и устойчивости зданий» и «Современные методы расчетов и обследований железобетонных и каменных конструкций» // Материалы 68-й студенческой научно-технической конференции, 15 мая 2012г. Белорусский национальный технический университет ; ред. В. Ф. Зверев [и др.]. Минск : БНТУ, 2012. С. 29-33.
- 2 СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий» Официальное издание. М.: ФГУП "НИЦ "Строительство, 2017 г.
- 3 СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1). Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019 г.
- 4 *Белостоцкий, А.М. и др.* Расчетные исследования напряженно-деформированного состояния, прочности и устойчивости несущих конструкций высотного здания с учетом фактического положения железобетонных конструкций» // Вестник МГСУ. 2015. № 4. С.50-68.
- 5 *Силаева, Ю.В. и др.* Этапы развития теории устойчивости конструктивных элементов зданий // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. Ч.2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2022. С.420-492.
- 6 *Бессолова, В.И. и др.* Исследование влияния геометрических параметров дисков перекрытия на общую устойчивость железобетонного каркаса многоэтажного жилого здания // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. Ч.2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2022. – С.424-428.
- 7 *Силаева Ю.В.* Влияние геометрических параметров пилонов на общую устойчивость здания / Ю.В. Силаева, С.А. Тумаков // ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2022 Материалы XXVI Международной научно-технической конференции. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2022. С.211-217.

УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В РАСЧЕТЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

Н.А. Маслов, С.А. Тумаков

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается влияние температурно-климатических воздействий на общее состояние конструкций железобетонного каркаса многоэтажного здания.

Ключевые слова: температурно-климатические воздействия, свайный фундамент, температурная нагрузка, кирпичное здание

TAKING INTO ACCOUNT TEMPERATURE AND CLIMATIC INFLUENCES IN THE CALCULATION OF THE REINFORCED CONCRETE FRAME OF A MULTI-STOREY BUILDING

N.A. Maslov, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – **S.A. Tumakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article examines the influence of temperature and climatic influences on the general condition of the structures of the reinforced concrete frame of a multi-storey building.

Keywords: temperature and climatic influences, pile foundation, temperature load, brick building

В современных условиях потребность в зданиях и инженерных сооружениях различного назначения постоянно возрастает. Весьма востребованными оказываются монолитные сооружения. При этом бетон и железобетон остаются основными материалами жилищно-культурного,

промышленного, энергетического, дорожно-транспортного, сельскохозяйственного и других видов строительства.

При расчете на температурно-климатические воздействия здание необходимо рассматривать не только в условиях эксплуатации, но в первую очередь в условиях возведения. Когда, например, каркас здания был замкнут в теплое время года, а остальные работы проводятся в холодное время и здание не отапливается. Как правило, именно в эти моменты каркас здания испытывает максимальные напряжения от температурно-климатических воздействий.

Выполняется анализ влияния учета температурно-климатических воздействий на усилия в конструктивных элементах при проектировании железобетонного каркаса жилого здания на податливом свайном основании. Проектируемое здание расположено по проспекту Фрунзе, во Фрунзенском районе города Ярославля, представляет собой 3-х-секционный объем переменной этажности (6-12-17 + цокольный этаж), общей площадью 17863,55м².

Проектирование конструкций зданий, подвергающихся климатическим температурно-влажностным воздействиям, следует выполнять по [1]. Расчет нагрузки проведён в период возведения монолитного каркаса здания, конструкция, является не защищенной от суточных и сезонных изменений температуры. Следовательно, следует учитывать изменение во времени Δt средней температуры и перепад температуры по сечению элемента.

Нормативные значения изменений средних температур по сечению элемента в теплое Δt_w и холодное Δt_c время года соответственно определяю по формулам:

$$\Delta t_w = t_w - t_{0c},$$

$$\Delta t_c = t_c - t_{0w},$$

где t_w , t_c - нормативные значения средних температур по сечению элемента в теплое и холодное время года, принимаемые в соответствии;

t_{0w} , t_{0c} - начальные температуры в теплое и холодное время года, принимаемые в соответствии.

Старые нормы не охватывают все вариации современных конструкций, и стандартный расчет на четко ограниченные характеристики ранее применяемых бетона и арматуры не всегда проходит проверку в новых вариациях конструкций.

В следствии введения разнообразия конструкций, их форм, сечения и размеров, современные нормы проектирования не допускают устанавливать размеры между температурно-деформационными швами без расчета проектируемой конструкции на длительное воздействие нагрузки, неблагоприятные климатические, технологические, темпе-

ратурные и влажностные воздействия, попеременное замораживание и оттаивание, агрессивные воздействия и др. Старые нормы не охватывают все вариации современных конструкций, и стандартный расчет на четко ограниченные характеристики ранее применяемых бетона и арматуры не всегда проходит проверку в новых вариациях конструкций.

Согласно «В конструкциях зданий и сооружений следует предусматривать их разрезку постоянными и временными температурно-усадочными швами, расстояния между которыми назначают в зависимости от климатических условий, конструктивных особенностей сооружения, последовательности производства работ и т.п.».

При колебании температуры воздуха, радиации, влажности в здании могут возникать большие усилия и деформации, которые часто являются причиной различного рода повреждений (трещины, разрывы, сколы). Эти повреждения могут быть причиной снижения несущей способности, долговечности и эксплуатационных качеств. В целях предотвращения указанных повреждений действующие нормы требуют производить расчет на данные температурно-климатические воздействия, с целью рационального разделения длины здания температурными швами на отдельные температурные блоки.

Расчет позволяет путем правильного выбора расчетных температур, схем и жесткостных характеристик конструкций и их соединений значительно снизить температурные усилия и повреждения, увеличить эксплуатационные качества, надежность и долговечность.

Температурные воздействия на строительные конструкции могут иметь самое разнообразное происхождение, но чаще всего рассматриваются климатические температурные воздействия и технологические температурные воздействия.

Наиболее полной явилась бы физическая теория, которая основывалась на совместном учете длительных процессов и явления нелинейности. Однако, как отмечалось в работе Г.А. Гениева и др., создание такой теории для описания сложного напряженного состояния бетона является чрезвычайно сложной задачей, и возможен более простой способ получения физических соотношений, основанный на раздельном учете этих явлений. Поэтому расчет сооружения с учетом температурных воздействий рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- определение напряженно-деформированного состояния в бетоне и арматуре сооружений в доэксплуатационный период;
- определение напряженно-деформированного состояния в бетоне и арматуре сооружения при длительном действии эксплуатационных нагрузок и технологических и климатических температур в разнообразных сочетаниях с оценкой предельных состояний по образованию и раскрытию трещин;

- определение напряженно-деформированного состояния бетона и арматуры сооружения при действии технологических и климатических температур и кратковременной возрастающей нагрузки с оценкой предельных состояний по несущей способности, деформациям и трещиностойкости.

Расчет сооружений в такой последовательности обычно реализуется на ЭВМ одним из наиболее распространенных численных методов – методом конечных элементов или методом конечных разностей.

Напряженно-деформированное состояние сооружения в стадии возведения определяется рядом факторов: монолитный или сборный вариант, наличием предварительного напряжения и способом его создания, расчетной схемой сооружения, конструктивным решением узлов сопряжения элементов и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большаков, Д.В.* Учёт температурно- климатических воздействий при расчёте железобетонного каркаса на податливом свайном фундаменте / Д.В. Большаков, С.А. Тумаков // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием, 2021 С. 498-501
2. *Большаков, Д.В.* Учет температурно-климатических воздействий при расчете кирпичного здания на свайном / Д.В. Большаков, С.А. Тумаков // АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ТЕХНИКИ. ИННОВАТИКА / Сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции (12 мая 2020 г., г. Уфа) В 2Ч. Ч.2. Уфа: Изд. НИЦ Вестник науки, 2020. С .219-224.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ АРМИРОВАННОГО ОСНОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА ЕМКОСТЬЮ 10000 КУБ. МЕТРОВ

А.А. Лучкина, С.А. Тумаков

Научный руководитель – **С.А. Тумаков**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается расчетная модель для оценки несущей способности и осадок армированного грунтового основания вертикального стального резервуара, основанная на гипотезе наибольшей удельной потенциальной энергии формоизменения (октаэдрической теории прочности грунтов).

***Ключевые слова:** армированное основание; резервуар вертикальный стальной; несущая способность; модуль деформации; слабый грунт*

MODELLING AND CALCULATION OF AN REINFORCED BASE FOR A VERTICAL STEEL TANK WITH A CAPACITY OF 10000 CUBIC METRES

A.A. Luchkina, S.A. Tumakov

Scientific Supervisor – **S.A. Tumakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article examines a calculation model for assessing the bearing capacity and settlement of a reinforced soil base of a vertical steel tank, based on the hypothesis of highest specific potential energy of form change (octahedral theory of soil strength).

***Keywords:** reinforced base; vertical steel tank; bearing capacity; deformation modulus; weak soil.*

Для полноценного развития нефтегазовой отрасли в стране появляется необходимость в строительстве новых, а также расширении существующих резервуарных парков для хранения нефти и нефтепродуктов. Они представляют собой комплекс емкостей различных типов для удобства учета и хранения сырья. Возведение подобных

сооружений затруднено на территориях со сложными грунтовыми условиями.

Свойства основания улучшаются различными способами. В данной статье рассматривается улучшение свойств основания за счет введения в толщу грунта элементов повышенной прочности, которые хорошо работают на сжатие, а также обеспечивают сцепление с окружающим грунтовым массивом. Практическая реализация метода вертикального армирования оснований и экспериментальные исследования были проведены российскими учеными Мариничевым М. Б., Мирсаяповым И.Т. [1, 2] и др.

В настоящей работе исследуется напряженно-деформированное состояние грунтового массива, который является основанием под стальной вертикальный резервуар для хранения нефти и нефтепродуктов. Сооружение представляет собой цилиндрическую оболочку. Внутренний диаметр стенки 28,50 м, высота стенки 17,88 м, расчетная высота налива 17,10 м, толщина верхнего и нижнего поясов стенки 8 мм, 12 мм соответственно. Толщина центральной части днища $t=6$ мм, окраек $t=12$ мм. Крыша каркасная сферическая. Высота конструкции в верхней точке составляет 20,22 м. Резервуар емкостью 10000 куб. м расположен в пгт. Афипский Краснодарского края. Уровень ответственности – нормальный.

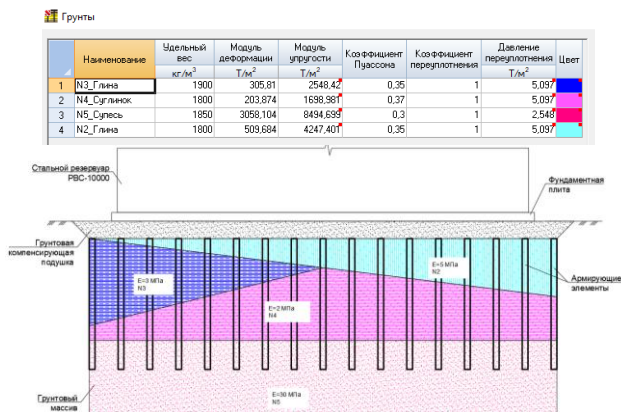


Рис. 1. Принципиальная схема армированного основания

Фундамент – монолитная железобетонная плита $t=600$ мм. В качестве компенсирующей подушки – щебеночно-гравийная смесь с модулем деформации $E=50$ МПа толщиной $h=1,2$ м. Армирующие элементы – забивные железобетонные сваи сечением $0,4 \times 0,4$ м шаг $2,0 \times 2,0$ м.

Расчетная модель фундамента была создана к ПК SCAD++. Железобетонная плита выстроена пластинами: 4-х угольный конечный элемент (КЭ), размером $0,16 \text{ м}^2$ (44 тип), толщина $h=0,6 \text{ м}$. Грунтовая распределительная подушка представляет собой набор объемных КЭ (36 тип). Удельный вес 20 кН/м^2 . Для учета влияния грунтовой подушки на нижележащие грунты создана нижняя пластина: 4-х угольный КЭ, размером $0,16 \text{ м}^2$ (44 тип), толщина $h=0,05 \text{ м}$. Грунтовое основание в модели учтено коэффициентами постели. Сваи – пространственные стержни сечением $0,4 \times 0,4 \text{ м}$ длиной 9 м опираются острием на КЭ (51 тип). Жесткость которого, вычислена по соотношению нагрузка/осадка в табличном редакторе $R_z = N/s$, где N – нагрузка на сваю, s – осадка отдельной сваи с учетом влияния соседних свай.

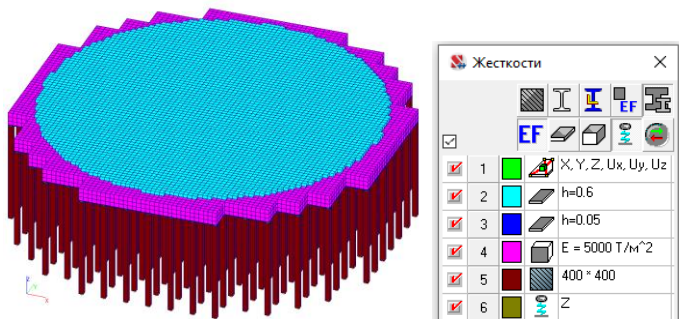


Рис. 2. Расчетная модель фундаментной плиты

Расчет фундамента на упругом основании выполнялся под нагрузкой от собственного веса сооружения и полезной нагрузки 173 кПа , принятой по типовой серии для стальных резервуаров РВС-10000. Для определения коэффициентов постели методом последовательных приближений [3] в ПК КРОСС были заданы грунтовые условия площадки по трем скважинам. Данные переданы в основную расчетную схему SCAD++.

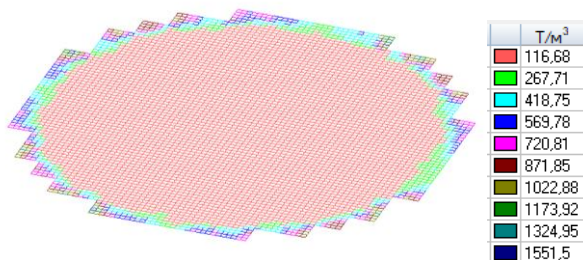


Рис. 3. Коэффициенты постели C1

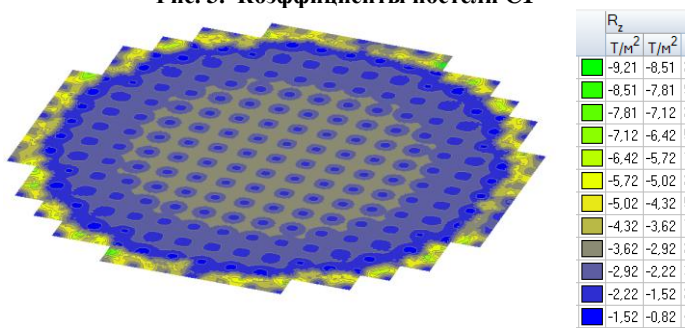


Рис. 4. Реактивный отпор грунта Rz под грунтовой подушкой

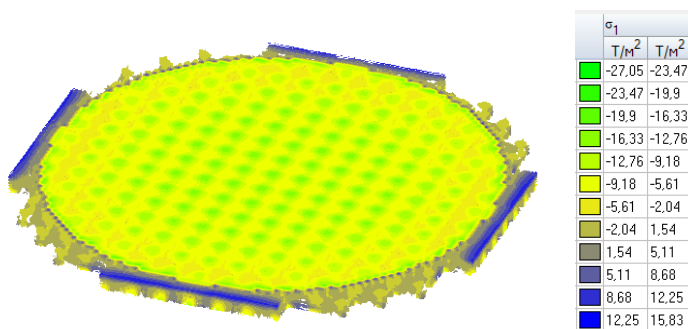


Рис. 5. Главные напряжения σ_1 от комбинации нагрузок

В результате вычислений была произведена проверка предельного состояния грунтовой компенсирующей подушки согласно октаэдрической теории прочности грунтов для сложного напряженного состояния [4]:

$$\tau_{\text{ОКТ}} \leq \text{tg}\varphi * \sigma_{\text{ОКТ}}, \quad (1)$$

где φ – угол внутреннего трения, для гравийного (щебенистого) грунта $\varphi = 37^\circ$; $\tau_{\text{окт}}, \sigma_{\text{окт}}$ – касательные и нормальные напряжения, действующие на октаэдрической площадке, определяющиеся по формуле:

$$\tau_{\text{окт}} = \frac{\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}}{3}, \quad (2)$$

$$\sigma_{\text{окт}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}, \quad (3)$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – главные нормальные напряжения в грунтовой подушке, определенные результате расчета в ПК SCAD ++, кН/м².

Выполнения условия (1) добиваемся путем устройства железобетонных оголовков поверх свай.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мирсаяпов, И.Т.* Экспериментально-теоретические исследования работы армированных грунтовых массивов / И.Т. Мирсаяпов, А.О. Попов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2008. № 2(10). С. 75-80.
2. *Мариничев, М. Б.* Практическая реализация метода вертикального армирования неоднородного основания для компенсации неравномерной деформируемости грунтового массива и снижения сейсмических воздействий на надземное сооружение / М.Б. Мариничев, И.Г. Ткачев, Ю. Шлее // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 94. С. 279-299.
3. СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. 2005. 130 с.
4. *Боткин, А.И.* О прочности сыпучих и хрупких материалов // Изв. НИИ гидротехники. М., 1940. Т. XXVI. С. 205–236.
5. *Конасова, Д.А. и др.* Плитный фундамент с грунтовой компенсационной подушкой на армированном основании. Уфа: Изд. НИЦ Вестник науки, 2022. С. 119-133.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ЭТАПОВ ЕГО ВОЗВЕДЕНИЯ

А.А. Малышев, С.А. Логинова

Научный руководитель – **С.А. Логинова**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Статья посвящена оценке эффективности методов исследования напряженно-деформированного состояния здания с учетом этапности его возведения. Представлены результаты расчета десятиэтажного монолитного здания с учетом последовательности его возведения. Сформулированы рекомендации по учету стадийности возведения при расчете многоэтажных зданий.

Ключевые слова: нагрузки, напряженно-деформированное состояние (НДС), традиционный метод расчета, учет последовательности возведения

ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE BUILDING, TAKING INTO ACCOUNT THE STAGES OF CONSTRUCTION

A.A. Malyshev, S.A. Loginova

Scientific Supervisor – **S.A. Loginova**,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article is devoted to a review of the method of studying the stress-strain state of a building, taking into account the stages of its construction. Comparison of building calculation methods.

Keywords: load, stress-strain state (SSS), traditional calculation method, taking into account the sequence of construction

Железобетонный монолитный каркас здания, а в особенности многоэтажного, - непростая система, и ее разработка непосредственно взаимосвязана с этапностью операций, которые выполняются при ее созда-

нии. При всем этом также производится установка или удаление различных элементов расчетной схемы, связей в узлах и т.п. [1].

Многие из данных работ могут привести к эволюции, усложнению, а может и наоборот к упрощению расчетной схемы, что неизбежно приведет к изменению ее напряженно-деформированного состояния (НДС).

При традиционном методе расчета характеристики конструкций никак не меняются, будь то прочность бетона, или нагрузки, которые действуют на элементы каркаса здания в разные промежутки времени. Модель при таком методе расчета описывает собранную конструкцию, уже возведенное здание. В реальности же конструкции будут вести себя иначе и нагрузки будут также видоизменяться с течением времени [2, 3].

Не стоит забывать, что помимо самого здания есть и основание, на котором оно возводится. Правильное моделирование грунтовых условий играет очень важную роль.

В данной работе объектом исследования служит десятиэтажное здание с каркасом, выполненным из монолитного железобетона.

Расчет производился в программном комплексе SCAD Office. Шаг колонн как в поперечном, так и в продольном направлениях, составляет 6,0 м. Высота надземных этажей составляет 3,0 м. Расчет выполнен методом конечных элементов (КЭ).

Все колонны железобетонного каркаса здания в поперечном сечении имеют размеры 400x400 мм. Плиты перекрытия имеют толщину $t = 200$ мм. И колонны, и плиты выполнены из бетона В25.

Стоит отметить, что при расчете каркаса данного здания, учитывалось и возведение опалубки плит перекрытий.

В результате был выполнен подбор арматуры, который производился с помощью модуля «БЕТОН» все в той же расчетной программе SCADOffice. Были получены усилия, возникающие в конструкциях здания, а также перемещения и прогибы элементов каркаса.

На основании результатов исследования НДС плит перекрытий были выполнены сравнения двух методов расчета. Нагляднее всего это иллюстрируют графики изгибающих моментов, возникающих на разных этажах (рис. 1, а, б), а также график прогибов в этих плитах перекрытий (рис. 2).

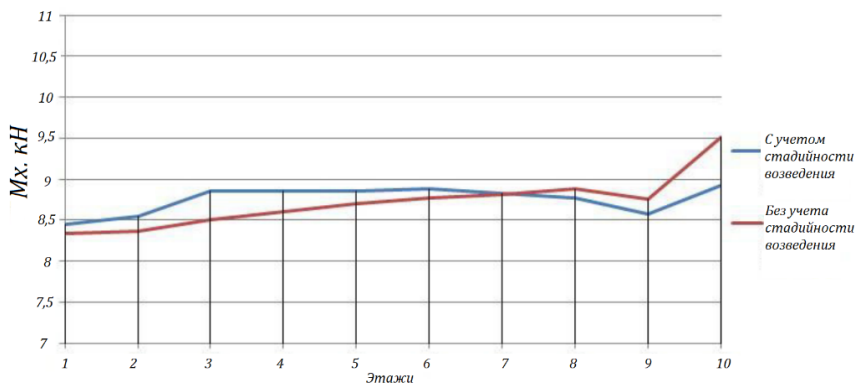


Рис. 1, а. Изгибающие моменты M_x в плитах перекрытий монолитного каркаса десятиэтажного здания при учете этапности его возведения и без него

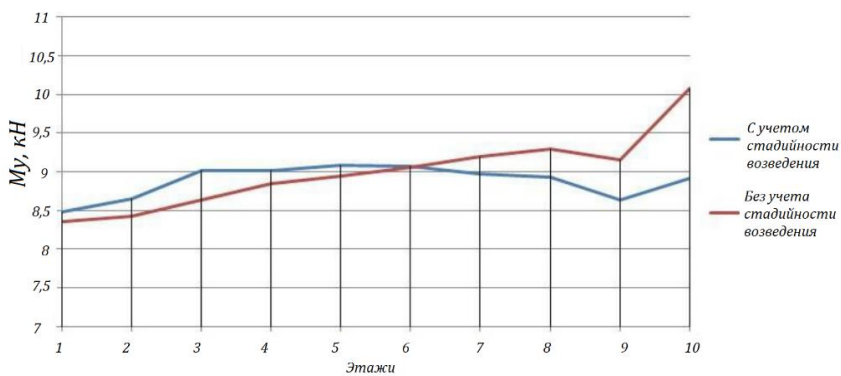


Рис. 1, б. Изгибающие моменты M_y в плитах перекрытий монолитного каркаса десятиэтажного здания при учете этапности его возведения и без него

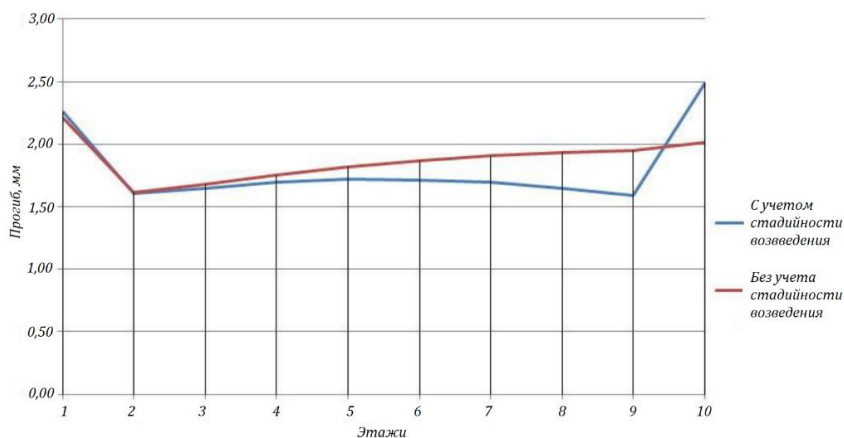


Рис 2. Максимальные прогибы в плитах перекрытий в зависимости от этажности при учете этапности возведения и без него

Из рис. 1 видно, что значения моментов в плитах перекрытий монолитного железобетонного десятиэтажного здания при учете последовательности возведения каркаса, увеличиваются до этажей, находящихся в средней части здания, но после уменьшаются. В то же время расчет, который не учитывает этапность возведения, дает нам иную картину. В данном случае значения моментов исключительно возрастают. К последнему этажу эти значения достигают своего максимума.

Аналогичная ситуация происходит и при сравнении прогибов плит перекрытий. При учете последовательности возведения здания максимальные прогибы возникают в плитах, которые находятся на первом и последнем этажах. А без учета этапности возведения прогибы возрастают с каждым этажом и достигают максимума на десятом этаже каркаса здания.

После выполнения подбора арматуры в колоннах с учетом последовательности возведения и без, было выполнено сравнение массы арматуры колонн на каждом этаже.

По итогам подбора армирования конструкций, было выяснено, что на первых и последних этажах десятиэтажного здания имеются самые большие расхождения. Если учитывать этапность возведения здания, то на первых трех этажах получается более высокий процент армирования, в то же время на последних трех этажах наблюдается обратная картина.

Таким образом, было выявлено, что разница в армировании железобетонных конструкций десятиэтажного здания возникает только в колоннах. Несмотря на то, что общее количество необходимой арматуры

колонн практически идентичное при различных рассматриваемых методах, расчет с учетом последовательности возведения каркаса здания дает возможность более качественно и эффективно расположить арматуру по этажам десятиэтажного здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Струков, С.Ю. и др.* Исследование напряженно-деформированного состояния элементов монолитного железобетонного каркаса многоэтажного здания с учетом этапов его возведения. Изд-во АСВ, 2010. 120 с.
2. *Лукьянов, А.И. и др.* Исследование напряженно-деформированного состояния в SCAD. М.: Изд-во СКАД СОФТ, Издательский дом АСВ, 2017. 179 с.
3. *Барабаш, М.С.* Методы компьютерного моделирования процессов возведения высотных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 3. С. 43-46.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.А. Шалыгина, С.А. Логинова

Научный руководитель – **С.А. Логинова**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются экспериментальные и теоретические методы определения и оценки коррозионного разрушения бетона и стальной арматуры. Определены направления дальнейших исследований в области повышения долговечности железобетонных конструкций.

Ключевые слова: бетон, железобетон, коррозионные повреждения, массообмен

METHODS OF ESTIMATING CORROSION DAMAGE TO REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

A.A. Shalygina, S.A. Loginova

Scientific Supervisor – **S.A. Loginova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article reviews experimental and theoretical methods for determining and evaluating the corrosion damage of concrete and steel reinforcement. The directions of further research in the field of increasing the durability of reinforced concrete structures are determined.

Keywords: concrete, reinforced concrete, corrosion damage, mass transfer

Железобетон – композитный строительный материал, состоящий из бетона и стали. Монолитный железобетон в России стали массово применять с начала 1990-х гг. как альтернативу его сборному варианту, имеющему преимущества в производственном отношении. Заслуга монолитного домостроения заключается в расширении возможностей для решения сложных объёмно-планировочных задач.

При эксплуатации железобетонных конструкций в течение длительного времени возникает необходимость в оценке их напряженно-деформированного состояния (НДС). В условиях агрессивной для данного вида конструкций среды на НДС оказывают влияние коррозионные повреждения как арматуры, так и самого бетона. По этой причине необходима оценка их остаточного срока службы, учет уменьшения площади поперечного сечения арматуры для обеспечения мониторинга изменения несущей способности.

Основной нормативный документ, устанавливающий требования к проектированию железобетонных конструкций – СП 63.13330.2018 [1], указывает на необходимость удовлетворения ими требований по долговечности. Однако в настоящее время нет специальных предписаний и рекомендаций, необходимых для их оценки, учитывающих наличие коррозионных повреждений конструкций, а также их влияние на прочностные и деформативные характеристики бетона и арматуры.

Актуальность данной работы объясняется возрастом и количеством зданий с элементами монолитного железобетонного каркаса. Доля монолитного и монолит-кирпичного домостроения в России превышает 50 % [2, 3].

Существуют экспериментальные и теоретические методы оценки коррозии в железобетонных конструкциях.

Основные экспериментальные методы обнаружения и оценки коррозионных повреждений арматуры:

1. Метод гальваностатического импульса, широко распространённый за рубежом, относится к электрохимическому способу оценки коррозии. Он основан на измерении потенциала стальной арматуры и потенциала электрода сравнения, размещенного на бетонной поверхности. При этом на арматуру подаётся напряжение в виде коротких импульсов, создаваемое электродами. После считывания текущих показаний производится оценка коррозионного состояния арматуры с помощью уравнения:

2.

$$V_k = \frac{10I}{A}, \#(1)$$

где I – ток коррозии, мкА; A – измеряемая площадь, см²[4].

2. Метод потенциалов полуэлемента основан на корреляции между скоростью коррозии металлов в железобетоне и измеренным электрохимическим потенциалом. Задачей метода является измерение потенциала, создаваемого между арматурой и стандартным контрольным электродом, помещенным в нужную область на поверхности железобетонной конструкции [5].

Методы определения и испытаний коррозионной стойкости бетонов [6, 7]:

1. Метод определения устойчивости бетона к коррозии в растворах кислот включает измерение скорости химической реакции раствора кислоты определённой концентрации и цементного камня в бетоне в процессе диффузии и переноса агрессивных веществ в тело бетона.

2. Метод определения диффузионной проницаемости бетона для диоксида углерода (углекислого газа) применим при существовании разницы в концентрации диоксида углерода внутри бетона и в окружающей среде в период и отсутствии общий градиент давления газовой среды. Его целью является получение данных о скорости нейтрализации слоя бетона. Данный метод основан на подобии диффузионного переноса вещества и протекания электрического тока в теле бетона.

3. Потенциодинамический метод позволяет определить пассивирующее действие бетона на арматуру по зависимости плотности тока от потенциала арматуры путём сравнения полученных данных с критическими значениями плотности тока.

4. Гальванодинамическим методом устанавливают значения потенциала стальной арматуры в бетоне в зависимости от плотности тока для последующего сравнения полученных результатов с критическими значениями. Данный метод также позволяет определить пассивирующее действие бетона по отношению к стальной арматуре.

Для прогнозирования долговечности бетонных конструкций, работающих в агрессивных средах, глубина коррозии бетона может быть выражена данной математической зависимостью:

$$l = A + \sqrt{kt}, \#(2)$$

где: A – параметр-характеристика скорости коррозии бетона в начальный период воздействия среды; k – константа скорости коррозионного процесса; t – время воздействия среды.

Различные стадии коррозии могут моделироваться дифференциальными уравнениями взаимосвязанного теплопереноса с краевыми условиями. Процессы массообмена заключаются в самопроизвольном переносе части вещества в пространстве с неоднородным полем химического потенциала в направлении уменьшения химического потенциала. Полученные из теории процессов массообмена уравнения могут быть использованы для определения скорости коррозии:

$$\frac{\tau}{x} = \left(\frac{\tau}{x}\right)_0 + k_1 x, \#(3)$$

или

$$\frac{\tau}{x} = \left(\frac{\tau}{x}\right)_0 + k_2 x, \#(4)$$

где: τ – продолжительность взаимодействия цементного камня и внешней среды; x – показатель степени коррозионного повреждения, монотонно

возрастающий во времени, k_1 , k_2 – константы интенсивности снижения скорости процессов, обусловленных диффузионным торможением реакции.

С увеличением возраста зданий необходимость мониторинга и оценки остаточного ресурса повышается. Также Правительство планирует увеличение объема жилищного строительства к 2030 году в рамках национальной цели развития России «Комфортная и безопасная среда для жизни» [3]. В связи с этим, одним из условий для создания такой среды остается совершенствование методов оценки долговечности и глубины коррозионных повреждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Введ. 20.06.2019. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554403082> (Дата обращения 15.03.2023).
2. Доля монолитного домостроения. URL: erzrf.ru (Дата обращения 15.03.2023).
3. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 года № 474. Введ. 21.07.2020. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/63728> (Дата обращения 15.03.2023)
4. Сальников, А.А. Оценка скорости коррозии железобетонных конструкций методом гальваностатического импульса / А.А. Сальников? А.И. Кузнецов // Современные научные исследования и инновации. 2019. № 8. URL: web.snauka.ru (дата обращения: 15.03.2023).
5. ОДМ 218.3.001-2010 Рекомендации по диагностике активной коррозии арматуры в железобетонных конструкциях мостовых сооружений на автомобильных дорогах методом потенциалов полуэлемента. Введ. 30.11.2010. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200083001> (Дата обращения 15.03.2023).
6. ГОСТ Р 52804-2007 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний». Введ. 01.01.2009. URL: files.stroyinf.ru (Дата обращения 15.03.2023)
7. Федосов, С.В. и др. Прогнозирование остаточного ресурса бетонных конструкций при биокоррозии с позиции теории массопереноса // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. Т. 18. № 5. С. 438-443. DOI: 10.22363/1815-5235-2022-18-5-438-443.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**А.А. Петренко¹, А.И. Дмитриевская², А.А. Чекалова¹,
А.И. Петров¹**

Научный руководитель – **А.И. Петров**, старший преподаватель

¹Ярославский государственный технический университет,

²Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Рассмотрены варианты повышения энергоэффективности гражданских зданий и сооружений. Выявлены наиболее перспективные пути развития решения проблемы утечки тепла.

Ключевые слова: теплоизоляционный материал, энергоэффективность, композиционный материал, энергоёмкость

MODERN TRENDS IN INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF CIVIL BUILDINGS AND CONSTRUCTION FACILITIES

**A. A. Petrenko¹, A.I. Dmitrievskaya², A.A. Chekalova¹,
A.I. Petrov¹**

Scientific Supervisor – **A.I. Petrov**, Senior Lecturer

¹Yaroslavl State Technical University,

²National Research Nuclear University «MEPhI»

Options for increasing the energy efficiency of civil buildings and structures are considered. The most promising ways to develop a solution to the problem of heat leakage have been identified.

Keywords: thermal insulation material, energy efficiency, polymer composite material, energy capacity

Современная тенденция использования топливно-энергетических ресурсов в России остается крайне низкой, что связано с экономическим кризисом 90-х годов. Энергоемкость продукции в связи с переживаемым в стране кризисом выросла более чем на 40%. Велико отставание России

по энергосбережению в коммунальном хозяйстве, где расходуется до 20% всех энергоресурсов страны и на единицу жилой площади расходуется в 2-3 раза больше энергии, чем в странах Европы. Существенную роль при отоплении зданий играют значительные потери тепла [1].

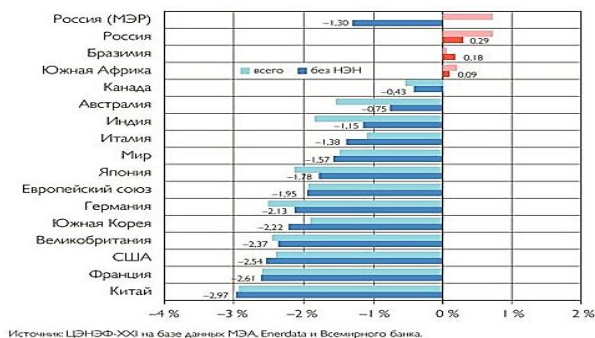


Рис. 1. Сравнение среднегодовых темпов снижения энергоёмкости ВВП в 2015–2020 годах в разных странах

Существует ряд мероприятий по повышению энергоэффективности зданий, в том числе и на государственном уровне в соответствии с приказом Минэкономразвития России № 61 от 17.02.2010 г. [2] и приказом Минстроя России от 15 февраля 2017 г. № 98/пр [3]. В соответствии с данными документами проводятся различные анализы и пересмотры договоров на электро-, тепло-, газо- и водоснабжения жилых многоквартирных домов, а также оценка аварийности и потерь в тепловых, электрических и водопроводных сетях.

Эффект от повышения различными методами энергоэффективности зданий и сооружений достигается за счет двух основных факторов. Во-первых, для государства эффективность заключается в снижении выбросов парниковых газов при работе генерирующих станций ТЭЦ, ТЭС, а также котельных. Данный вариант соответствует общемировой политике решения экологического вопроса, установленного Парижским соглашением, подписанным в 2016 году, 195 странами и Европейским союзом.

В жилых зданиях энергоэффективность, в первую очередь, обеспечивает экономию на затратах капитального ремонта и коммунальных услуг. На сегодняшний день остро встает вопрос о снижении затрат на теплоэнергию во время отопительного сезона, это объясняется тем, что средняя продолжительность отопляемого периода в России - 6 месяцев, а средняя зарплата по России по данным Росстата (на момент 12.03.2023) 66 757 рублей [4].

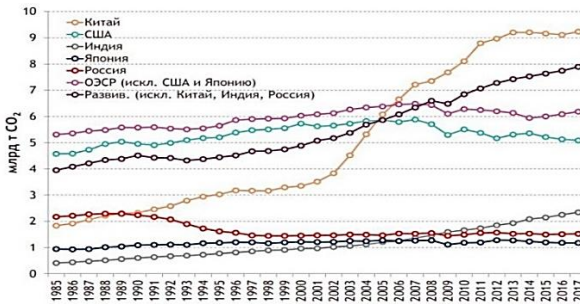


Рис. 2. Выбросы CO₂ по ведущим странам и регионам мира, млрд. т CO₂, 1986-2017 годы

Одним из популярных способов считается замена старых окон на современные, обладающие повышенным термическим сопротивлением. Данный способ позволяет повысить энергоэффективность, но стоит достаточно дорого. Также данное мероприятие понижает паропроницаемость здания. [8]

Не менее эффективным будет модернизация систем отопления и установкой новых радиаторов. Все основные работы по модернизации отопительной системы должны предшествовать тепловой модернизации здания Затраты на отопление оправданы только после того, как мы решили проблему потери тепла. Перед тем как изолировать дом, покупка нового котла не имеет смысла, так как позже он может оказаться слишком большим по отношению к потребностям [7].

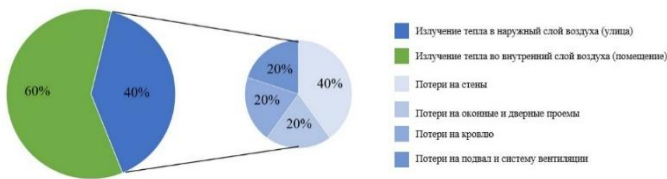


Рис. 3. Диаграмма зависимости потерь тепла в зимний период через элементы гражданских зданий

Также существует затратный, но достаточно эффективный вариант такой, как ремонт или замена тепловых сетей с использованием энергоэффективного оборудования.[2] Тепловые сети подразделяются на магистральные, распределительные, квартальные и ответвления от магист-

ральных и распределительных тепловых сетей к отдельным зданиям и сооружениям. Как правило модернизация теплосетей на сегодняшний день подразумевает автоматизацию технологических процессов подачи и нагрева источника теплоты при водяном, газовом и электрическом отоплении. [5] В этом случае производят ремонтные работы по внедрению системы автоматизированного управления процессами. Существует вариант замены старого трубопровода новым с проведением работ по восстановлению циркуляционных трубопроводов, что позволяет обеспечить мониторинг состояния труб при их дальнейшей эксплуатации [6].

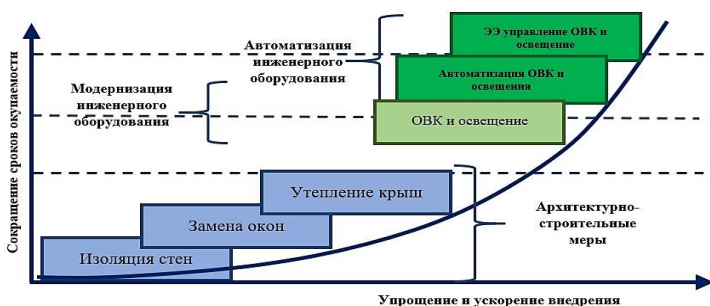


Рис. 4. Кривая эффективности способа модернизации и автоматизации инженерного оборудования

Наиболее низкокзатратным методом из существующих можно назвать утепление каркасов зданий, что достигается путём монтажа теплоизоляционного материала на фасады зданий. Данный вариант имеет средние по эффективности показатели: экономичность, теплопроводность, паропроницаемость, если рассматривать их в отдельности. Однако если рассматривать эти показатели в совокупности, то данный метод преобладает перед существующими. Именно поэтому создание нового теплоизоляционного материала наиболее эффективно решает проблему энергоэффективности в строительной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МЭА.Key World Energy Statistics 2020. URL: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020>(дата обращения: 26.01.2023).
2. Приказ Министерства экономического развития РФ от 17 февраля 2010 г. N 61. URL: <https://www.abok.ru/pages.php?block=prik61>(дата обращения: 27.01.2023).
3. Приказ Министерства строительства РФ от 15 февраля 2017 г. N 98 URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/13681/>(дата обращения: 25.01.2023).

4. URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries(дата обращения: 19.02.2023).
5. URL: http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=499(дата обращения: 27.01.2023).
6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-energeticheskoy-effektivnosti-teplosnabzheniya/viewer>(дата обращения: 3.02.2023).
7. URL: <https://dzen.ru/a/YBfLVxfTn3jFAPqC> (дата обращения: 19.02.2023).
8. URL: <https://okron.ru/articles/4449?ysclid=lf5q3qtgn2666852967> (дата обращения: 19.02.2023).

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПАРКОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ Г. ЯРОСЛАВЛЯ

И.С. Алешковская, С.В. Бородулина, К.А. Куликова

Научный руководитель – **К.А. Куликова**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается проблема нерациональности парковочного пространства в городской среде. Проведена аналитика существующих парковок центральной части города Ярославля.

***Ключевые слова:** улично-дорожная сеть, парковочное пространство, реорганизация, проектные решения*

RESEARCH AND ANALYSIS OF PARKING SPACE IN THE CENTRAL PART OF YAROSLAVL

I.S. Aleshkovskaya, S.V. Borodulina, K.A. Kulikova

Scientific Supervisor – **K.A. Kulikova**, Senior Teacher

Yaroslavl State Technical University

The problem of irrationality of parking space in an urban environment is considered. The analysis of existing parking lots in the central part of the city of Yaroslavl was carried out.

***Keywords:** street and road network, parking space, reorganization, design solutions*

Повсеместное активное развитие спальных районов ведет к непосредственному увеличению уровня автомобилизации и, как следствие, перегрузке улично-дорожной сети, снижая уровень комфорта жизни городского населения. Злободневными вопросами властей и граждан являются регулярные дорожные заторы, перебои в движении и работе общественного транспорта, дорожно-транспортные происшествия, загрязнение экологии, организация пешеходного пространства и прочее.

Ярославль – это шесть административно-территориальных рай-

онов (Дзержинский, Заволжский, Кировский, Красноперекопский, Ленинский и Фрунзенский), магистральные улицы которых сходятся в центре города, а также – это столица Золотого кольца России, имеющая большое количество мест тяготения туристов. Данные факты обуславливают перегруженность центральной части, и требуют кардинального изменения организации дорожного движения. Осложнениями внесения изменений являются плотная городская застройка при высоком транзите и значительная концентрация рабочих мест.

В связи с этим в настоящее время остро стоит вопрос повышения эффективности парковочного пространства, развития и внедрения платности парковок, а также назначения тарифов за хранение автомобилей.

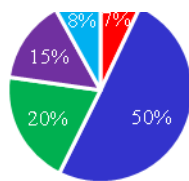
Количество парковочных мест в центральной части города представлено в таблице 1 и на рисунках 1-3.

Таблица 1. Количество парковочных мест в рассматриваемой зоне

Номер зоны	1	2	3	4	5	Всего
Бесплатные уличные парковочные места (шт)	195	1164	530	548	319	
Платные уличные парковочные места (шт)	0	238	0	61	0	
Платные внеуличные парковочные места (шт)	100	700	300	0	0	
Места для инвалидов (шт)	2	0	0	3	20	
Всего (шт)	297	2102	830	612	339	4180

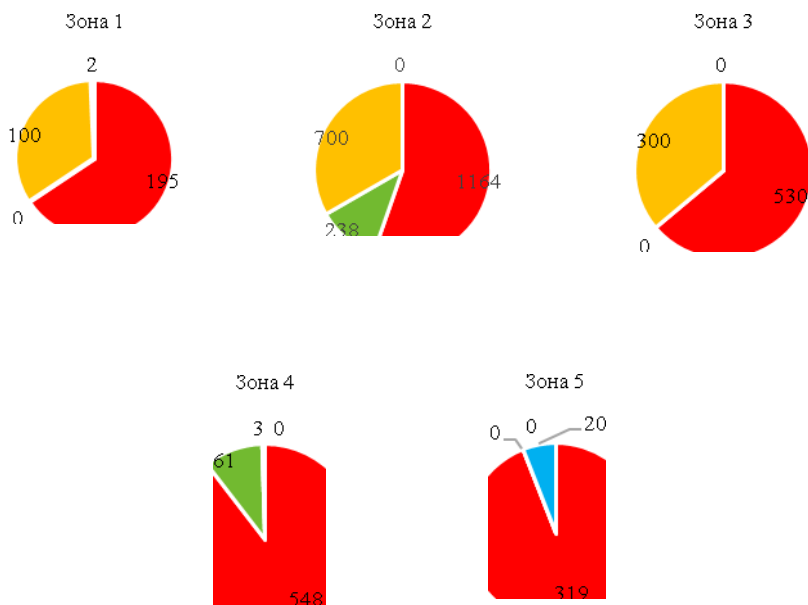


Рис. 1. Зонирование парковочного пространства



Зона 1 ■ Зона 2 ■ Зона 3 ■ Зона 4 ■ Зона 5

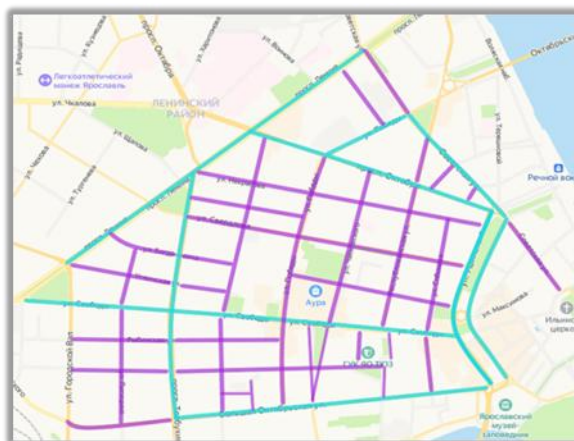
Рис. 2. Количество парковочных мест в исследуемом районе (по зонам)



- · Бесплатные уличные места
- · Платные уличные места
- · Платные внеуличные места
- · Места для инвалидов

Рис. 3. Количество парковочных мест в каждой зоне

Улично-дорожная сеть города в настоящее время работает в режиме перегрузки. Одним из способов решения данной проблемы является снижение уровня автомобилизации и пересадка людей на общественный транспорт. Первым шагом может стать введение платных парковок на улицах, представленных на рис. 4, основываясь на существующей ситуации в городе.





-  – парковочные места с самыми большими тарифами
-  – парковочные места с низкими тарифами или бесплатные

Рис. 4. Проектное расположение уличных парковок

Во многих частях города, особенно в центре, парковки занимают немалое количество места. Для решения проблемы на основании нормативных документов [1-3] предлагается реорганизация парковочного пространства в виде введения платных парковок с различными тарифами, внедрение выделенных полос на магистральных улицах города и устройство экопарковок для сохранения «зеленого» облика города.

Частично решением транспортных проблем в Ярославле могло бы быть обустройство перехватывающих парковок за пределами центра города. Но для этого нужен, удобный, быстрый, современный и предсказуемо работающий общественный транспорт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054209> (режим доступа 21.12.2022)
2. СП 396.1325800.2018 Улицы и дороги населенных пунктов/ Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/552304870> (режим доступа 21.12.2022)
3. СП 113.13330.2016 Стоянки автомобилей. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044290> (режим доступа 21.12.2022).

КОЛЬЦЕВЫЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ОДНОМ УРОВНЕ

И.А. Бессонов, Н.С. Комаров, Е.С. Буданова

Научный руководитель – **Е.С. Буданова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются особенности проектирования кольцевых пересечений. Производится оценка эффективности проектных решений по применению кольцевых видов пересечений. Проанализирован опыт применения в России и зарубежом, отмечены достоинства и недостатки таких видов пересечений дорог.

***Ключевые слова:** автомобильная дорога, перекрестки, кольцевые пересечения, кольцо, безопасность*

ON TRAFFIC CIRCLES OF HIGHWAYS ON THE SAME LEVEL

I.A. Bessonov, N.S. Komarov, E.S. Budanova

Scientific Supervisor – **E.S. Budanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the peculiarities of the design of traffic circles. The effectiveness of design solutions for the use of traffic circles is evaluated. The experience of application in Russia and abroad is analyzed, the advantages and disadvantages of such types of road intersections are noted.

***Keywords:** Road, intersections, traffic circles, ring, safety*

Кольцевые пересечения в Российской Федерации недостаточно развиты, поскольку нормативно-методическая база нуждается в доработке, однако, точки зрения оптимальной организации дорожного движения, данный вид регулирования движения на перекрестках заслуживает пристального внимания.

Практика проектирования и эксплуатации автомобильных дорог за рубежом указывает на широкое применение кольцевых пересечений с приоритетом движения по кольцу в качестве основного типа пересечения в одном уровне, что обусловлено обеспечением существенно более высокого уровня безопасности движения и большей пропускной способностью по сравнению с другими типами пересечений в одном уровне. Кольцевые пересечения автомобильных дорог характеризуются меньшей аварийностью, сокращением задержек и высокой пропускной способностью по сравнению с другими пересечениями в одном уровне [1].

На данный момент проведены исследования, которыми доказано, что кольцевые пересечения позволяют снизить число дорожно-транспортных происшествий на 40 %, а количество пострадавших – на 80 % [2].

Традиционно пересечения с кольцевой конфигурацией проектировались с целью повышения уровня безопасности дорожного движения, в первую очередь, за счет снижения скорости движения при их проезде. При разработке проекта кольцевой развязки определяется самое большое транспортное средство, которое сможет пересечь его с учетом его габаритных характеристик. Однако в связи с тем, что геометрические характеристики кольца будут изменены, чтобы вместить крупногабаритный грузовой транспорт, станет меняться траектория движения легковых транспортных средств, которая будет побуждать водителей двигаться с большей скоростью [2].

Для решения задач по оценке транспортно-эксплуатационных показателей и условий работы кольцевых пересечений, связанных с движением транспорта, в зарубежных странах накоплен достаточно большой опыт по моделированию транспортных потоков. Движение транспорта является процессом, который относится к сложным системам. Движение транспортного потока – типичный пример сложной крупномасштабной системы. Для решения задач, связанных со сложными системами, важную роль играет моделирование, которое позволяет компенсировать недостаток средств и ресурсов для проведения исследований [3,4].

Исследования показывают, что общая пропускная способность кольцевого пересечения достигает 3300 авт/ч при двухполосном подъезде и чуть более 6000 авт/ч при трехполосном подъезде.

В Германии, при выборе типа пересечения автомобильных дорог оценивают не только интенсивность движения и уровень аварийности, но и целевую функцию, категорию и количество полос на пересекающихся дорогах [5,6].

Кольцевые развязки в Германии имеют высокий уровень безопасности, если учитывать следующие основные принципы:

- по возможности устройство перпендикулярного подхода к кольцевому пересечению,
- четкое распределение транспортных средств, движущихся по прямой, с помощью кругового островка,
- односторонние съезды с развязок.

На опыте Швейцарии выделены случаи неэффективности кольцевых пересечений:

Случаи, когда кольцевые пересечения неприемлемы:

- слишком высокая интенсивность дорожного движения (согласно европейским исследованиям при интенсивности дорожного движения кольцевого пересечения более 2 500 авт./ч задержки резко возрастают);
- слишком большое количество пешеходов (400 чел./ч и более согласно опыту Швейцарии) и/или велосипедистов;
- слишком малое расстояние до перекрестка со светофорным регулированием (если длина очереди достигает кольцевого пересечения) [5].

Опыт Швеции строиться на разработанной концепции «0», согласно которой перекрёсток с круговым движением поможет предотвратить тяжкие телесные повреждения, так как перекрестки с круговым движением ведут к снижению скорости движения автомобилей, следовательно, аварии на круговых перекрестках ведут к менее серьезным последствиям, чем аварии на обычных перекрестках, что объясняется иными углами столкновения и более низкой скоростью движения [6].

При развитии данной концепции увеличивается значение кольцевых пересечений для организации регулирования движения.

Опыт применения кольцевых перекрёстков в РФ ярко представлен улицами Перми. В Перми создано 10 таких экспериментальных перекрестков в тех местах, где чаще всего происходили аварии. «На этих пересечениях улиц раньше было по две аварии каждый день, а после введения мини-кольцевых пересечений за месяц ни одной аварии. За относительно небольшую стоимость можно организовать круговое движение, которое избавит автомобилистов от необходимости опасных маневров, когда повышается риск встречного столкновения [7].

Исследование опыта применения малых кольцевых пересечений за рубежом показало высокую эффективность применения современных кольцевых пересечений и необходимость проведения соответствующих исследований таких кольцевых пересечений и внедрения их в УДС городов России [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.2.071-2016. Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог.

- Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). Москва 2016. URL: https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/odmkolbtsaapr_2017.pdf/
2. *Никитин, Н.А.* Анализ эффективности различных конфигураций кольцевых пересечений для пропуска грузовых транспортных средств. // Материалы XI Международной научно-технической конференции ассоциации технологов-машиностроителей. 2020. С. 127-135.
 3. *Дрю, Д.* Теория транспортных потоков и управления ими / Д. Дрю; перевод с англ. Е.Г. Коваленко. М. Транспорт, 1972. 423 с.
 4. *Xeim, Ф.* Математическая теория транспортных потоков. М.: Мир, 1966. 187 с
 5. *Hoffmann, S.* Die neuen Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06), Tagung der Fachgruppe Verkehr und Vermessung im Verband Beratender Ingenieure am 18 April in Wiesbaden. 2008. 21 s.
 6. Vägverket Шведское дорожное управление SE-781 87 Borlänge. URL: www.vv.se. vagverket@vv.se.
 7. Федеральный проект «безопасность дорожного движения». URL: http://www.fcp-pbdd.ru/press_center/news/regions/49045/
 8. *Яшикина, Н.Т.* Особенности проектирования кольцевых пересечений в условиях большого города. // Материалы 69-й студенческой научной конференции. Брянск. БГТУ, 2014. С. 48-49.

**О ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ
ПРИ БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИИ ПРАВОГО БЕРЕГА
Р. ВОЛГА В Г. РЫБИНСКЕ**

А.Е. Богдюкевич, А.И. Ахременко

Научный руководитель – **А.И. Ахременко**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье рассматривается проведение природоохранных мероприятий при берегоукреплении правого берега реки Волга в городе Рыбинске.

***Ключевые слова:** берегоукрепление, водные ресурсы, габионы, ливневые сточные воды, охрана окружающей среды, природоохрана*

**ABOUT ENVIRONMENTAL PROTECTION MEASURES
FOR THE SHORE PROTECTION OF THE RIGHT BANK
OF THE VOLGA RIVER IN THE CITY OF RYBINSK**

A.E. Bogdyukevich, A.I. Akhremenko

Scientific Supervisor – **A.I. Akhremenko**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article discusses the implementation of environmental protection measures for the shore protection of the right bank of the Vogla River in the city of Rybinsk.

***Keywords:** coastal protection, water resources, gabions, stormwater, environmental protection, environmental protection*

В последние годы в связи с высокими уровнями воды в водохранилищах интенсивность переработки берега резко возросла. Отмечаются случаи зимних паводков и других экстремальных метеопроявлений. Это требует принятия оперативных превентивных берегозащитных мер. В черте городского округа город Рыбинск в настоящее время имеется 8 участков интенсивного берегообрушения общей протяженностью 6,62 км. Берегоукрепление сопровождается дополнительными выбросами за-

гии данного объекта. В зоне берегообрушения расположены следующие социально-значимые объекты: жилой многоквартирный дом №4 по ул.Кораблестроителей, МУК Дворец культуры «Вымпел», стадион «Сатурн». Данный участок непосредственно примыкает к эксплуатируемым объектам, участок от «Обелиска» до ДС «Полет», построенный в 2018 году, и «Сооружение гидротехническое, расположенное по адресу: Город Рыбинск, ул.Волжская набережная, сооружение 60», построенному в 2001 году.

При реализации намечаемой деятельности воздействие на атмосферный воздух будет наблюдаться только в период проведения строительного-монтажных работ. Анализ выполненных расчетов рассеивания показывает допустимость перспективной нагрузки на состояние атмосферного воздуха населенных мест.

В окружающую среду при формировании сооружений из габионов попадает меньше 5 % искусственных материалов. Основа материалов – природный камень. Не менее важным фактом для экологического баланса является свободная фильтрация воды через габионы. Высокая прочность и устойчивость габионных конструкций обусловлены возможностью выдерживать значительные нагрузки без разрушения. Следует отметить, что прочность габионных сооружений с годами увеличивается за счет естественной консолидации.

Для предотвращения подтопления территории проектом предусматривается комплекс мероприятий по высотной организации планируемой территории и поверхностному водоотводу, а также устройство комбинированной системы сети ливневой канализации, которая обеспечит отвод поверхностных вод на очистные сооружения и последующий сброс после очистки в р. Волгу.

Проектом предусмотрено устройство нового гидрологического поста, а так же очистные сооружения, предназначенные для очистки ливневых сточных вод с проектируемого участка. Ливневые сточные воды самотеком поступают в разделительную камеру, где происходит разделение объема сточных вод. Объем воды, который необходимо направить из дождевой сети на очистные сооружения, определен таким образом, чтобы в эти коллекторы попала наиболее загрязненная часть дождевого стока и все талые воды, а так же воды от поливки улиц, характеризующиеся высокой загрязненностью. Часть воды (загрязненная) самотеком идет на очистную установку, где происходит ее очищение, далее она сбрасывается в реку Волга. Часть воды (считается чистым стоком) самотеком без очищения идет по обводной линии и сбрасывается в реку Волга.

В соответствии с требованиями федерального закона «Об охране окружающей среды» природопользователи обеспечивают соблюдение нормативов качества окружающей среды на основе применения техниче-

ских средств и технологий обезвреживания и безопасного размещения отходов производства и потребления, обезвреживания выбросов и сбросов загрязняющих веществ, а также иных наилучших существующих технологий. В целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, природопользователь обязан организовать производственный экологический контроль. Основной задачей в период строительства по проведению экологического контроля (мониторинга) является организация заказчиком экологического надзора за соблюдением требований, а также природоохранных решений и мероприятий, предусмотренных проектом. На стадии строительства осуществляют мониторинг и контроль выполнения природоохранных мероприятий, в том числе:

- по защите атмосферного воздуха от загрязнения;
- по защите водных объектов от загрязнения;
- по защите земель от деградации и загрязнения;
- по защите окружающей среды от воздействия отходов.

Контроль осуществляется регулярно на весь период проведения строительных работ. Проведение производственного экологического контроля (мониторинга) осуществляется специалистами-экологами эксплуатирующей организации

При условии реализации мероприятий направленных на снижения отрицательных воздействий на компоненты природной среды, заложенных в материалах проекта, уровень воздействия в период строительных работ, оказываемый на окружающую среду, является допустимым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление № 87 от 16.02.2008 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (в ред. Постановлений Правительства РФ от 18.05.2009 N 427, от 21.12.2009 N 1044, от 13.04.2010 N 235, от 07.12.2010 N 1006, от 15.02.2011 N 73).
2. Закон РФ «Об охране окружающей природной среды» 2002 г.
3. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух. СПб., 2005 г. 206 с.
4. Архив погоды. URL: <https://world-weather.ru/archive/russia/rybinsk/> (01.03.2023).

СОЕДИНЕНИЕ КАРТ ИННОВАЦИОННОЙ 3D-ГЕОРЕШЁТКИ

О.К. Буркова, К.А. Куликова

Научный руководитель – **К.А. Куликова**, старший
преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены различные способы соединения геосинтетических материалов, произведено их сравнение, сделаны выводы.

Ключевые слова: узловое соединение, инновационная 3D-георешётка, соединение карт, армирование, дорожные одежды

CONNECTING INNOVATIVE 3D-GEOGRID MAPS

O.K. Burkova, K.A. Kulikova

Scientific Supervisor – **K.A. Kulikova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

Various methods of joining geosynthetic materials are considered, this comparison is made, conclusions are drawn.

Keywords: node connection, innovative 3D-geogrid, map connection, reinforcement, road pavement.

Дорожная одежда – одна из самых важных составляющих всей конструкции дороги. Она воспринимает нагрузки со стороны движущихся транспортных средств, воздействия от атмосферных факторов (температурные перепады, наличие на покрытии снежных и ледяных отложений), а также вмешательство человека (распределение противогололедных реагентов во время зимнего содержания). Зачастую данные факторы приводят к негативным последствиям, а именно:

- износу асфальтобетонного покрытия;
- колееобразованию;
- появлению трещин, выбоин и т.д.

Разработано множество мероприятий по повышению устойчивости

дорожных одежд. Например, армирование дорожных одежд.

Одна из важных составляющих при устройстве армированного слоя – скрепление георешеток между собой.

Способы соединения георешеток условно можно разделить на два вида:

1. Соединительное устройство изготавливается отдельно от георешетки;
2. Соединительное устройство расположено непосредственно на решетке.

На основе исследования представлен анализ достоинств и недостатков различных узловых соединений (таблица 1), выявлены наиболее оптимальные варианты для соединения георешеток по патенту (RU 2 652 411 С1 от 2018.24.05).

Таблица 1. Достоинства и недостатки узловых соединений

Соединение	Достоинства	Недостатки
Анкер	– Простота изготовления; – Низкие требования к точности и качеству изготовления.	– Высокая стоимость; – Повышенные временные затраты на монтаж; – Подверженность металлических изделий коррозии.
Хомут	– Разнообразие типоразмеров; – Простота изготовления; – Простота монтажа.	– Повышенные временные затраты на монтаж; – При демонтаже происходит утрата скрепляющего элемента; – Повышенная стоимость изделий из металла.
Типа «шип-паз»	– Простота изготовления; – Простота монтажа.	– Временные затраты на разработку и изготовление соединительных элементов на решетке; – Возможность возникновения вертикальных перемещений при устройстве соединения в основании решетки.
Типа «ласточкин хвост»	– Простота монтажа; – Надежность соединения при горизонтальных перемещениях.	– Наиболее эффективно при соединении крупных элементов; – Возможность возникновения вертикальных перемещений; – Сложность изготовления соединения на изделиях из пластиковых материалов.
Замковое	Простота изготовления.	– Временные затраты на монтаж; – Возможность утраты элемента при повреждении скрепляющего узла.

Исходя из приведенного перечня достоинств и недостатков различных вариантов узловых соединений можно сделать вывод о том, что соединение типа «шип-паз» наиболее предпочтительно для соединения карт георешетки между собой.

Так как карта георешетки представляет собой плоскую систему ячеек, которую невозможно свернуть в рулон и изогнуть, то необходимо учесть соединение карт на круговых кривых. В таком случае оптимальным вариантом служит скрепление карт с помощью хомутов. Хомуты позволяют оставлять между торцами карт георешетки зазоры различной величины. Помимо хомутов возможно использование анкеров.

Выбор варианта скрепления на круговых участках зависит от того, в каком слое будет укладываться армирование, радиус круговой кривой и от размеров ячеек георешетки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.2.104-2019 Альбом типовых конструкций нежестких дорожных одежд в различных дорожно-климатических зонах. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/564188045> (дата обращения 24.12.2022).

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОДЛЕНИЮ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

О.Ю. Волнушкин, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе рассмотрен анализ транспортной инфраструктуры на примере Угличского муниципального района. Рассмотрены технологии для продления жизненного цикла автомобильных дорог.

***Ключевые слова:** жизненный цикл дороги, интенсивность движения, межремонтные сроки, ремонт автомобильных дорог с использованием технологии холодного ресайклинга*

**ANALYSIS OF THE STATE OF TRANSPORT
INFRASTRUCTURE AND RECOMMENDATIONS
FOR EXTENDING THE LIFE CYCLE OF ROADS**

O.Y. Volnushkin, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper considers the analysis of transport infrastructure on the example of the Uglich municipal district. Technologies for extending the lifecycle of roads are considered.

***Key words:** road life cycle, traffic intensity, turnaround time, road repair using cold recycling technology*

Транспортная инфраструктура – система коммуникаций и объектов пассажирского и грузового транспорта, включающая улично-дорожную сеть, линии и сооружения внеуличного транспорта, объекты обслуживания пассажиров, объекты обработки грузов, объекты постоянного и временного хранения и технического обслуживания транспортных средств.

Уровень развития транспортной сферы в сильной степени определяется общим состоянием экономики отдельных территориальных образований, инвестиционной и социальной политикой государственных структур и другими факторами. В числе последних важная роль принадлежит особенностям географического положения городского поселения.

Транспортная инфраструктура городского поселения Углич является составляющей инфраструктуры Ярославской области. Основными структурными элементами транспортной структуры Поселения являются: сеть улиц и дорог.

Важнейшей составной частью транспортной инфраструктуры городского поселения Углич выступают автомобильные дороги.

Автомобильные дороги общего пользования местного значения в границах города Углич обеспечивают внутренние, межрайонные и федеральные связи (участок дороги «Сергиев Посад - Череповец»): перевозки грузов и пассажиров, вследствие чего являются важнейшим элементом социальной и производственной инфраструктуры города.

От уровня развития сети автомобильных дорог во многом зависит решение задач достижения устойчивого экономического роста поселения, повышения конкурентоспособности местных производителей и улучшения качества жизни населения [1].

Анализ транспортной инфраструктуры Угличского муниципального района говорит об увеличении интенсивности движения на городских и региональных автомобильных дорогах. Принимая во внимание текущее состояние автомобильных дорог, большинство из которых не отвечают нормативным требованиям, с учетом ежегодно возрастающей интенсивности движения автомобильного транспорта, увеличится нагрузка на существующее покрытие автомобильных дорог, которое приведет к увеличению дефектов покрытия и деградации инфраструктуры, в следствие чего неминуемо возрастет количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Большинство изношенных покрытий автомобильных дорог ремонтируются по технологии ямочного ремонта, которая требует существенных затрат и при этом не решает проблемы. Главным фактором разрушения автомобильных дорог является несоответствие основания дороги текущим нагрузкам.

Поэтому для развития транспортной инфраструктуры необходимо

увеличивать межремонтные сроки и общую продолжительность эксплуатации автомобильной дороги. Добиться подобных результатов можно путем горячей переработки поврежденных слоев покрытия или усиления оснований существующих автомобильных дорог.

Метод горячей переработки применяется исключительно для ремонта повреждённых слоёв износа асфальта. Условием является невредимая конструкция слоя. Под слоем износа должны быть полностью соблюдены все требования к несущей способности и морозостойкости дороги.

Горячий ресайклер выполняет подготовку существующего дорожного покрытия при необходимости также со свежей смесью. После этого новый слой износа снова полностью отвечает требованиям.

Метод горячей переработки улучшает все важные характеристики поверхности и профиля дорожного полотна, а также состав каменных фракций в слое износа. Таким образом можно восстановить отсутствующее сцепление, обеспечить отвод воды и убрать колеи. При этом метод горячей переработки имеет огромный потенциал экономии средств. По сравнению с заменой слоя с фрезой и асфальтоукладчиком здесь можно получить экономию около 85 % всех рейсов грузовым автомобилем и около 70 % на новой смеси.

Поверхностный слой нагревается до температуры 150 °С разогревателем с инфракрасными газовыми нагревательными панелями, после чего ремиксер разрыхляет, удаляет и снова укладывает размягченный асфальтобетон. Этот метод позволяет восстановить противоскользящие свойства дороги и сток воды, а также устранить выбоины. Потенциальная экономия средств огромна[2].

Метод горячей регенерации не восстанавливает основание автомобильной дороги, а зачастую проблемы кроются именно в недостаточной прочности основания. Одним из методов решения этой проблемы является применения технологии холодного ресайклинга при строительстве, ремонте и капитальном ремонте автомобильных дорог. Технология холодной регенерации асфальтобетонной дорожной одежды заключается в измельчении материала покрытия автомобильной дороги (в некоторых случаях с захватом доли основа основания), перемешивании полученной смеси на дороге или в специализированных установках (с добавлением или без добавления вяжущего, нового скелетного материала и других необходимых добавок), распределении полученной смеси в виде слоя дорожной одежды и его последующего уплотнении дорожными катками [3].

Ремонт автомобильных дорог с применением технологии холодного ресайклинга значительно сокращает расходы. В сравнении с традиционными методами ремонта автомобильных дорог (фрезерование покры-

тие и устройство двух слоев покрытия из асфальтобетона) использование холодного ресайклинга поможет сэкономить на закупке новой асфальтобетонной смеси, а также на перевозке и асфальтоукладчике, так как современные ресайклеры от ведущих производителей, таких как WIRTGEN, способны профилировать получаемый слой покрытия, который нуждается лишь в укатке его дорожными катками.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод о необходимости применения современных технологий, таких как холодный и горячий ресайклинг, для переработки изношенных участков автомобильной дороги. Эти технологии помогут существенно сократить расходы на строительство, тем самым способствуя развитию транспортной инфраструктуры муниципального района.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексное развитие транспортной инфраструктуры городского поселения Углич Угличского муниципального района Ярославской области на 2017–2027 годы. 2016. URL : <https://www.goroduglich.ru › gid,3904 › Itemid,55>
2. Горячий ресайклинг. URL: <https://www.wirtgen-group.com/ru-ua/applications/road-construction/road-rehabilitation/hot-recycling>
3. Филатов, С.Ф. Восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга. 2017. URL: <https://docplayer.ru/41140924-Vosstanovlenie-asfaltobetonnih-pokrytiy-metodom-holodnogo-resayklinga.html/>

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ АРТЕЗИАНСКОЙ СКВАЖИНЫ Д. ДЕМИНО РЫБИНСКОГО РАЙОНА ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.М. Горина, А.И. Ахременко

Научный руководитель – **А.И. Ахременко**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс воздействия проектируемого объекта на атмосферный воздух. По результатам исследования воздействий принимаются мероприятия по охране окружающей среды.

Ключевые слова: артезианская скважина, атмосферный воздух, концентрация загрязняющих веществ, шумовое воздействие, уровень звука, охрана окружающей среды

ENVIRONMENTAL PROTECTION MEASURES IN THE AREA OF THE ARTESIAN WELL IN THE VILLAGE OF DEMINO, RYBINSK DISTRICT, YAROSLAVL REGION

D.M. Gorina, A.I. Akhremenko

Scientific Supervisor – **A.I. Akhremenko**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The process of the impact of the projected object on atmospheric air is considered. Based on the results of the impact study, environmental protection measures are taken.

Keywords: artesian well, atmospheric air, concentration of pollutants, noise exposure, sound level, environmental protection

Артезианская скважина предназначена для хозяйственно-питьевого обеспечения деревни Демино и оснащена установкой обезжелезивания.

Предусмотрен забор воды из артезианской скважины, очистка до нормативов питьевого качества на станции обезжелезивания и подача очищенной воды потребителям.

В результате осуществления очистки обеспечиваются нормативы качества, предъявляемые к воде питьевого назначения.

В ходе проектирования артезианской скважины с прокладкой водопровода определены виды и характеристики воздействия на окружающую среду. Оценка воздействия объекта представлена в таблице 1.

Таблица 1. Результаты оценки воздействия на окружающую среду

Виды воздействия	Характеристика воздействия
Привнос в атмосферный воздух вредных веществ в период строительства	Имеет место в пределах установленных нормативов
Привнос шума в период эксплуатации	В пределах установленных нормативов
Привнос шума в период строительства	В пределах установленных нормативов
Привнос тепла	Незначительное воздействие
Привнос электромагнитных излучений	Незначительное воздействие
Привнос визуальных доминант	Имеет место
Изыятие из окружающей среды земельных ресурсов	В размере, необходимом для размещения станции водоподготовки и сети водопровода
Изыятие из окружающей среды водных ресурсов	Имеет место в объеме необходимом для водоподготовки

Другие виды воздействия на окружающую среду отсутствуют.

Исследования выбросов загрязняющих веществ, выделения которых возможны при строительстве, проведены по различным этапам строительства. При исследовании учтен фон по пяти веществам: диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, бензапирен. Исследование произведено в расчетных точках на границе ближайшей жилой постройки и на территории ближайшего огорода. Из результатов исследований по этапам выбраны максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ.

Проведенные исследования показали, что расчетные максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ не превышают ПДК [2, с. 2] на границе жилой застройки. В связи с этим предлагается установить нормативы предельно-допустимых выбросов на период осуществления строительных работ на уровне расчетных.

На период эксплуатации объекта источниками шумового воздействия являются насосное и вентиляционное оборудование станции водоподготовки, а также насосное оборудование скважины.

Произведено исследование эквивалентных и максимальных уровней звука. При исследовании учтен режим работы проектируемого объекта. Оценка шумового воздействия проведена для дневного и ночного времени суток.

Результаты акустических исследований показали, что наибольшие значения уровней звука прогнозируются на границе земельного участка и составляют по эквивалентному уровню звука 31,65 дБА; наибольшие прогнозируемые значения эквивалентного уровня звука на границе жилой застройки достигают 23,27 дБА.

Прогнозируемые уровни звукового воздействия не превышают предельно допустимые уровни на границе жилой постройки, как в дневное, так и в ночное время.

На период строительства объекта при оценке шумового воздействия рассмотрены шумовые характеристики всей используемой строительной техники и автотранспортных средств.

Прогнозируемые эквивалентные и максимальные уровни звука в ходе строительства объекта не превышают требуемые нормативы, как на границе жилой постройки, так и в жилых помещениях.

Ситуационные карты-схемы с изолиниями максимальных уровней звука на период строительства представлены на рис. 1.

В целях охраны атмосферного воздуха от загрязнения вредными веществами предусмотрены следующие мероприятия:

- применение водоочистного оборудования, не являющегося источником выброса загрязняющих веществ;
- использовать при строительстве только качественные материалы и конструкции, имеющие гигиенические сертификаты;
- на территории строительной площадки не допускать техническое обслуживание, ремонт машин и сжигание мусора;
- допускать на стройплощадку транспортные средства, прошедшие экологический контроль.

С целью уменьшения шумового воздействия от источников шума объекта приняты следующие мероприятия:

- применение насосного оборудования с меньшими шумовыми характеристиками;

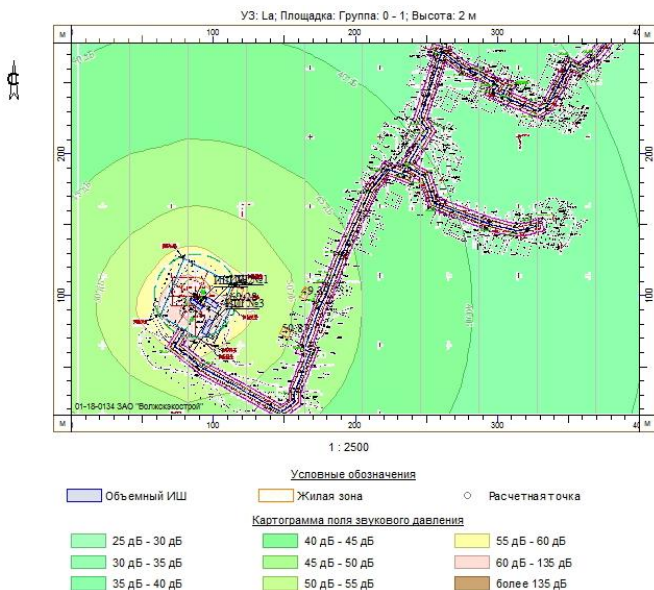


Рис. 1. Ситуационные карты-схемы с изолиниями максимальных уровней звука на период строительства

- применение погружных малошумных насосов;
- использование исправной, отрегулированной на минимальный уровень шума строительной техники;
- прекращение работы двигателей при погрузочно-разгрузочных работах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектная документация по объекту «Строительство артезианской скважины с оснащением установкой обезжелезивания воды, прокладкой водопровода д. Демино, Назаровского с.п., Рыбинского района Ярославской области. Мероприятия по охране окружающей среды». Волжскэкострой, 2016. 94 с.
2. ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». – М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2003. 86 с.
3. МУК 4.3.2194-07 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях» – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007. 20 с.

СТАТИСТИКА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ

В.А. Денисов, К.А. Куликова

Научный руководитель – **К.А. Куликова**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены последствия дорожно-транспортных происшествий с дикими животными, приведены статистические данные по ДТП на территории России и регионам, приведены результаты эффективности предпринимаемых мероприятий по сокращению ДТП.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, дикие животные, статистика

STATISTICS OF ROAD ACCIDENTS INVOLVING WILD ANIMALS

V.A. Denisov, K.A. Kulikova

Scientific Supervisor – **K.A. Kulikova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The consequences of road traffic accidents with wild animals are considered, statistical data on accidents in Russia and regions are given, the results of the effectiveness of measures taken to reduce accidents are presented.

Keywords: road safety, traffic accident, wild animals, statistics

Последние десятилетия характеризуются активным развитием сети автомобильных дорог, в том числе за пределами населенных пунктов. Помимо обычных дорожно-транспортных происшествий между участниками движения стремительно возрастает аварийность с дикими животными, нанося существенный ущерб как людям, так и зверям.

Как показывает практика, санкции в виде штрафов имеют низкую результативность и мотивацию водителей быть осторожнее. В связи с этим встает вопрос об увеличении количества предпринимаемых мероприятий и повышении их эффективности для обеспечения безопасности

водителя, пассажиров и других участников движения.

Дорожно-транспортные происшествия такого рода могут иметь несколько вариантов развития ситуации, в зависимости от множества факторов в определенный момент времени.

В таблице 1 представлены виды, чаще всего попадающие в аварии, и возможные последствия для водителей и пассажиров, транспортных средств и животных.

Таблица 1. Последствия ДТП с различными видами диких животных

Вид животного	Вес, кг	Развиваемая скорость, км/ч	Вред при столкновении для людей	Вред при столкновении для АТС	Вред для животного
Лось	600	56	Ранения пассажиров, возможность летальных исходов	Серьезные повреждения	В большинстве случаев летальный исход
Кабан	150 - 200	45	Серьезный урон	Серьезные повреждения	В большинстве случаев летальный исход
Косуля	32	60	Серьезный урон	Менее серьезные повреждения	В большинстве случаев летальный исход
Олень	200	75	Ранения пассажиров, возможность летальных исходов	Серьезные повреждения	В большинстве случаев летальный исход
Лисица	12	50	Серьезный урон	Менее серьезные повреждения	В большинстве случаев летальный исход

На рис. 1 представлены статистические данные по смертности животных на дорогах России за 2018 год.

Наибольшее беспокойство у экспертов вызывает гибель под коле-

сами автомобилей редких и исчезающих животных.

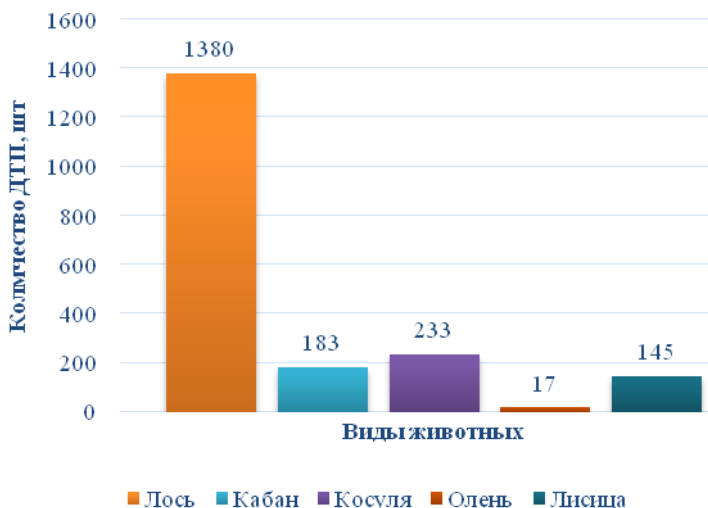


Рис. 1. Диаграмма смертности животных на автодорогах России

По статистике Ярославского департамента по охране окружающей среды и природопользования, за первую половину 2020 года в области произошло 96 случаев ДТП с участием диких животных. В предыдущем году их число достигло 104. Это не позволяет говорить об увеличении количества аварий с животными в Ярославском регионе. Похожими останутся результаты и в случае исключения из статистики периода самоизоляции и подсчета числа ДТП только за два последних месяца первого полугодия.

Такие показатели являются своеобразной нормой для Ярославской области в сравнении с другими регионами (таблица 2).

Таблица 2. ДТП в соседних областях за первое полугодие 2020 года

Область	Количество ДТП, шт
Костромская	22
Вологодская	34
Владимирская	10
Ярославская	104
Тверская	90

В настоящее время в России отсутствует опыт массового применения мероприятий, направленных на предотвращение ДТП с участием диких животных – экодуков, отпугивающих барьеров, предупреждающих табло, а также не сформирована нормативная база и порядок обоснования применения указанных мер.

Результаты эффективности перечисленных мероприятий представлены на рис. 2.

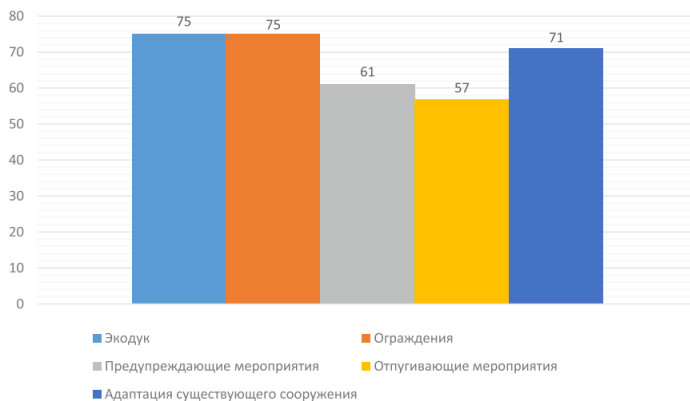


Рис. 2. Результаты эффективности мероприятий по сокращению ДТП с дикими животными

В связи с этим необходимо обобщить российский и зарубежный опыт по применению мероприятий, сокращающих количество ДТП с животными, и разработать методики оценки их эффективности. Наибольшую актуальность это имеет для дорог, проходящих через лесные массивы, и для вновь строящихся дорог в обход населенных пунктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.6.023-2017 Методические рекомендации по обеспечению безопасности дорожного движения на участках пересечения автомобильными дорогами путей миграции животных. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/456090606> (дата обращения 24.12.2022).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ПО ТИПУ «ТУРБОКОЛЬЦО»

Н.С. Комаров, И.А. Бессонов, Е.С. Буданова

Научный руководитель – **Е.С. Буданова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Статья рассматривает предпосылки появления модификации кольцевых пересечений по типу «Турбокольцо». Производится анализ алгоритмов проектирования такого рода пересечений. Изучен практический опыт применения турбоколец, а также отмечены достоинства и недостатки такого проектного решения по устройству пересечений дорог в одном уровне, также разобрана эффективность данного типа дорожных пересечений.

***Ключевые слова:** автомобильная дорога, перекрестки, кольцевые пересечения, турбокольцо, ротонда, проектирование, безопасность*

EFFECTIVENESS OF TURBO-RING CROSSINGS

N.S. Komarov, I.A. Bessonov, E.S. Budanova

Scientific Supervisor – **E.S. Budanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article considers the prerequisites for the emergence of the "Turbo-ring" type traffic circles modification. The analysis of algorithms for the design of such intersections is made. Practical experience in the use of turbo rings is studied, and the advantages and disadvantages of this design solution for the arrangement of road intersections in one level are noted, the effectiveness of this type of road intersections is analyzed.

***Keywords:** highway, intersections, traffic circles, turbo-ring, rotunda, design, safety*

Кольцевые пересечения, как одна из модификаций простых пересечений дорог в одном уровне, были созданы с целью обустроить саморегулируемое и постоянного движения транспорта на пересечениях боль-

шого количества различных дорог. Традиционно специалисты подразделяют развитие турбоколец на 3 этапа:

1 этап.

Длился до середины 50-х годов XX века, активное развитие и внедрение в структуру дорог США и Западной Европы.

2 этап.

Временные рамки составляют начало 50-х годов – конец 60-х. Характерно более глубоким развитием самой идеи, а также появлением кольцевых перекрёстков в СССР.

3 этап.

Третий этап начался в 60-х годах и продолжается по сей день. На данном этапе являются характерными явлениями внедрение новых современных кольцевых пересечений и кольцевых пересечений, которые регулируются светофорами.

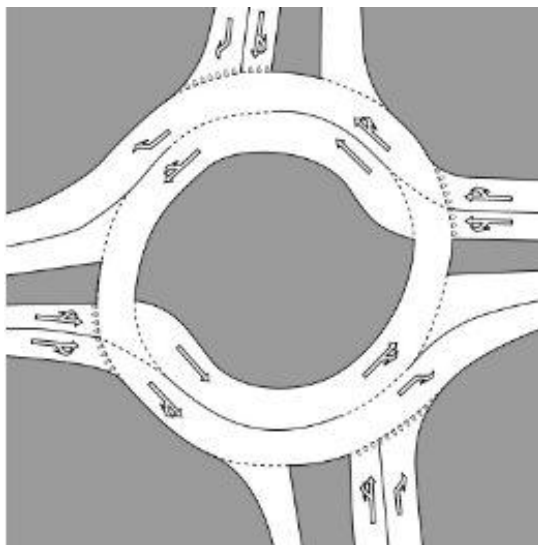


Рис. 1. Схема движения на турбокольцевом пересечении [1]

Некоторое же время назад, в районе пары десятков лет, вследствие динамического роста автомобилизации возникла потребность усовершенствования кольцевых пересечений для повышения их эффективности, так как ввиду некоторых исследований было выяснено, что с увеличением интенсивности транспортного потока на кольцевом узле, его пропускная способность, а с тем и эффективность стремительно падают. Исходя

из новых требований, концепция кольцевых пересечений была переосмыслена, решение было вскоре найдено, и оно ознаменовало появление так называемых «турбоколец» (рис. 1). Этот сравнительно новый вид пересечений находит наиболее активное и широкое применение в Нидерландах [1].

В данное время собранных данных в целом об эксплуатации турбокольцевых развязок как в Российской Федерации, так и в мире достаточно мало, если, конечно, сравнивать с множеством других типов пересечений [3].

Неотъемлемо важными особенностями турбокольцевого пересечения являются:

- разметка, разделяющая и направляющая потоки;
- соединение полос, подходящих к турбокольцевому пересечению, подбирается радиальным, перпендикулярным касательной к проезжей части перекрёстка;
- малый диаметр турбокольцевого узла, по сравнению с кольцевым пересечением;
- устройство как минимум одного въезда на внутреннюю полосу движения проезжей части турбокольца, начинающуюся за счет деления внутренней проезжей части на участки и использование спиральной разметки;
- водителям, которые двигаются как минимум на двух въездах при стандартном построении турбокольца и на одном въезде при трёхстороннем пересечении, требуется уступать не более двум полосам движения, пересечение с которыми происходит;
- построение возвышенных устройств на проезжей части турбокольца, призванных разделять полосы движения;
- наличие минимально двух двухполосных выездов;
- на каждом участке есть точка принятия решений – на ней водитель выбирает необходимый лично ему вариант [2].

Рассматривая турбокольцо как систему, то она делится на основные элементы и подэлементы пересечения, которые в свою очередь и придают различные скоростные характеристики или рассчитанную оптимальную траекторию движения автомобиля в потоке.

Так, проектировщики делят турбокольцевое пересечение на две, в некоторых случаях на три, вложенные спирали, которые представляют собой границы полосы движения канализированного потока. Каждая спираль же делится на три полукольца или на треть кольца в случае равномерного распределения трех подходов с последовательно увеличивающимися радиусами. Когда радиус дуги меняется, происходит смещение центра дуги таким образом, что кривая остается непрерывной в каждой её точке [2].

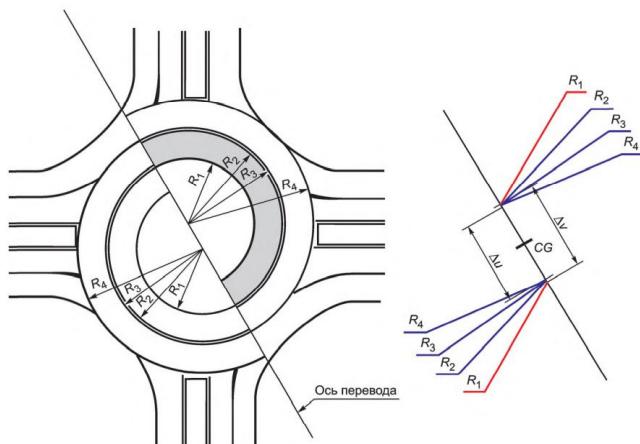


Рис. 2. Элементарная схема организации движения по спирали [2]:

R_1 – радиус внутренней кромки внутренней полосы проезжей части;

R_2 – радиус внешней кромки внутренней полосы проезжей части;

R_3 – радиус внутренней кромки внешней полосы проезжей части;

R_4 – радиус внешней кромки внешней полосы;

Δu – расстояние между внутренними центральными точками (внешние полосы);

Δv – расстояние между внешними центральными точками (внутренние полосы);

CG – центр тяжести

Проектирование не может основываться на примерных цифрах и предположениях, так для расчёта трубокольцевых пересечений западные проектировщики используют способ микросимуляции движения, обусловленный цифровизацией и систематическим накоплением данных [4].

Основная выявленная проблема трубоколец на данный момент, с которой сталкиваются – это изменение условий работы трубокольцевых перекрёстков уже после их строительства.

Проблемой и главным вопросом проектировщиков по всему миру при разработке кольцевых и трубокольцевых пересечений является выбор такого пересечения, которое бы обуславливало и безопасность пользователей, и экономическую выгоду, и соответствие дальнейшему увеличению потока автомобилей.

Из некоторых же исследований с применением микросимуляций в ряде стран и компаний выявлено, что в том числе на транспортное движение по трубокольцевому узлу негативно влияют как культура вождения, качество и частота нанесения разметки, опыт водителей в перемещении по спиральному движению. Данные возможные эффекты на дороге

делают кольцевые пересечения более привлекательными и простыми в строительстве и эксплуатации [5].

Подводя итог, нужно подчеркнуть, что кольцевые пересечения обладают рядом положительных сторон: увеличение скорости передвижения на кольце; безопасности; мобильности, и рядом негативных эффектов, что необходимо учитывать в противовес друг другу. Использование же турбоколец решает ряд проблем, так канализированное движение уменьшает количество конфликтных точек и ограничивает водителей в перестроении, возможен пропуск потока большей интенсивности в связи с упорядочением потока.

Если основываться на исследованиях специалистов и опыте проектирования кольцевых узлов различных модификаций, то можно точно сказать, что как пересечение в одном уровне, турбокольцевое пересечение является наилучшим и наиболее безопасным вариантом обустройства дорожного движения с той лишь оговоркой, что необходимо учитывать культуру вождения и правил дорожного движения страны, осведомлённость участников дорожного движения, будущее изменение интенсивности и некоторые другие факторы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джавадов, А.А. Основные этапы развития кольцевых пересечений / А. А. Джавадов, Ю. Я. Комаров, И. Ю. Грошев // Молодой ученый. 2015. № 23 (103). С. 131-133;
2. ПНСТ 271-2018 «Кольцевые пересечения». Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 06.12.2022).
3. Никитин, Н.А. и др. Турбокольцо как альтернатива обычному кольцевому пересечению. // Техничко-экономические проблемы сервиса. №1 (47). 2019. С. 23-26.
4. Turbo Roundabouts. Informational Primer. FHWA Safety Program. URL: <https://safety.fhwa.dot.gov/> (дата обращения: 05.12.2022).
5. Турбо-кольцо возле «Рощи»: как это выглядит сверху? URL: <https://cheb.media/> (дата обращения: 03.12.2022).

**УЧАСТОК ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЦЕХА № 12
ПАО «СЛАВНЕФТЬ – ЯНОС»**

И.А. Крупенникова, А.И. Ахременко

Научный руководитель – **А.И. Ахременко**, канд. техн. наук,
доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается процесс очистки сточных вод на предприятии ПАО «Славнефть-ЯНОС» в цехе № 12. Сточная вода после очистки обезврежена и возвращается в природную среду.

Ключевые слова: механическая очистка, физико-химическая очистка, биологическая очистка, аэротенк, активный ил

**WASTEWATER TREATMENT PLANT WORKSHOP No. 12
SLAVNEFT-YANOS PJSC**

I.A. Krupennikova, A.I. Akhremenko

Scientific Supervisor – **A.I. Akhremenko**, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The process of wastewater treatment at the Slavneft-YANOS PJSC enterprise in shop No. 12 is considered. The waste water after purification is neutralized and returned to the natural environment.

Keywords: mechanical cleaning, physico-chemical cleaning, biological cleaning, aerotank, activated sludge

Ярославская область входит в число развитых промышленных регионов страны. Самым крупным предприятием нефтеперерабатывающей промышленности является ПАО «Славнефть- ЯНОС».

Предприятие активно занимается природоохранной деятельностью, направленной на снижение воздействия производственных факторов на окружающую среду. Повышение экологической безопасности про-

изводства относится к числу приоритетов реализуемой на заводе промышленной стратегии [1]. ПАО «Славнефть-ЯНОС» занимает лидирующие позиции рейтинга эколого-энергетической прозрачности предприятий Ярославской области, подтверждает эффективность природоохранной деятельности предприятия, улучшением качества очистки промышленных стоков.

Сточные воды предприятия нефтепереработки высокотоксичны и при недостаточной очистке представляют серьезную экологическую опасность. Очистка этих стоков до параметров, предусмотренных действующими в настоящее время нормативными требованиями значима для функционирования предприятия. В связи с этим увеличивается значимость эффективности работы биологических очистных сооружений на предприятии, модернизация инженерного оборудования.

Нефте содержащие сточные воды подвергаются механической, физико-химической и биологической очистке для использования их в системе оборотного водоснабжения. Опыт эксплуатации сооружений показывает необходимость применения биологической очистки для предотвращения коррозии оборудования оборотных систем.

Все сточные воды ПАО «Славнефть-ЯНОС» собираются по системе канализации и отводятся на очистку в цех №12.

Первым участком, куда приходят сточные воды, является участок механической очистки. Участок механической очистки служит предварительным этапом для очистки производственных сточных вод. Стоки проходят песколовки, нефтеловушки, пруды-усреднители и радиальные отстойники.

Сточные воды, прошедшие механическую очистку, поступают на участок доочистных сооружений, где подвергаются очистке на установках флотации I и II систем.

Сточные воды после флотационной очистки направляются на участок биохимической очистки (БХО).

Процесс биологической очистки основан на возможности микроорганизмов использовать в качестве питания растворённые в стоках неорганические и органические соединения, окисляя их до воды, углекислого газа, нитратов.

Окисление загрязняющих веществ происходит в аэротенках, куда поступают сточные воды, подаётся активный ил и воздух.

Процесс очистки на участке БХО производится аэробным методом, с использованием микроорганизмов, для жизнедеятельности которых нужно присутствие в воде кислорода. Очистка сточных вод происходит в аэротенках. Это специальные резервуары, в которых в циркулирующую жидкость поступает постоянно воздух из воздуходувной станции.

Микроорганизмы в аэротенках присутствуют в виде хлопьевидных скоплений (активного ила) взвешенных в сточной жидкости. Активный ил состоит из бактерий и простейших организмов. В процессе биологической очистки активным илом происходит окисление содержащихся в сточных водах большей части органических веществ и ряда неорганических соединений серы и азота. Часть этих веществ используется в процессе наращивания биомассы активного ила, а другая превращается в безвредные продукты окисления: H_2O , CO_2 , NO_3^- и др.

Аналитический контроль технологического процесса в цехе № 12 приведен в таблице 1.

Таблица 1. Аналитический контроль технологического процесса

Наименование стадий процесса, анализируемый продукт	Место отбора пробы	Показатели	Показатели после очистки
Хозфекальные стоки	Лоток хоз-фекальных стоков	pH нефтепродукты	6-9,5 не нормируется
Стоки до аэротенков 1-ой ступени (вход на БХО II системы)	Лоток стоков перед аэротенками 1-ой ступени II системы	pH нефтепродукты	6-9,5 45 мг/л
Стоки после вторичных отстойников (выход с БХО I системы)	Выходной лоток вторичных отстойников I системы	pH нефтепродукты взвешенные вещества	6-8,5 3 мг/л 20 мг/л
Стоки до аэротенков 2-ой ступени II системы	Лоток стоков перед аэротенками 2-ой ступени II системы	pH нефтепродукты	6-9,5 не нормируется
Стоки после буферного пруда (выпуск)	5-ая секция буферного пруда	pH нефтепродукты	6,5-8,5 1,0 мг/л

Для эффективного использования микроорганизмов, в аэротенках создается максимум благоприятных условий для их жизнедеятельности. При неблагоприятных условиях биохимические процессы замедляются или прекращаются. Для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов требуется присутствие источника углерода, кислорода, азота, фосфора и калия. На развитие микроорганизмов влияет температура, реакция

среды, концентрация токсичных веществ. Для увеличения разнообразия биоценоза, окислительной способности ила вовлекается в циркулирующий рабочий активный ил специально культивированных штаммов микроорганизмов, а также сформировавшихся биологических илов с других очистных сооружений, включая сооружения станции доочистки на сбросном канале ПАО «Славнефть-ЯНОС» [2, с.7].

Из аэротенков стоки в смеси с активным илом поступают в радиальные отстойники, где происходит разделение иловой смеси. Активный ил оседает на дно, удаляется оттуда и возвращается в аэротенки, а очищенная вода через переливные стенки переходит в сборный лоток и отводится по трубопроводу на буферные пруды цеха № 12. Из буферных прудов сточные воды по сбросному каналу поступают в р. Волгу [3, с.14].

Предприятие ПАО «Славнефть-ЯНОС» предотвращает риски загрязнения окружающей среды, производя механическую, физико-химическую и биологическую очистку сточных вод, так же предприятие использует инновационные разработки с заботой об окружающей среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Славнефть ЯНОС URL: <https://www.yanos.slavneft.ru> (дата обращения: 04.03.2023).
2. Инструкция № 522 по эксплуатации участка доочистных сооружений цеха № 12 ОАО «Славнефть-ЯНОС». Ярославль: ПАО «Славнефть-ЯНОС», 2019. 91 с.
3. Инструкция № 529 по эксплуатации установки по обезвоживанию избыточного активного ила цеха №12 ПАО «Славнефть-ЯНОС». Ярославль: ПАО «Славнефть-ЯНОС», 2019. 43 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТАННОГО ПЭТ-ПЛАСТИКА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

О.В. Лифанова, К.А. Куликова

Научный руководитель – **К.А. Куликова**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены основные решения проблемы сохранения окружающей среды с помощью переработки ПЭТ-пластика для изготовления нити методом экструзии для 3D печати, с дальнейшим использованием в дорожном строительстве.

***Ключевые слова:** ПЭТ-пластик, автомобильные дороги, 3D печать*

THE USE OF RECYCLED PET PLASTIC IN ROAD CONSTRUCTION

O.V. Lifanova, K.A. Kulikova

Scientific Supervisor – **K.A. Kulikova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The main solutions to the problem of environmental conservation by processing PET plastic for the manufacture of thread by extrusion for 3D printing, with further use in road construction, are considered.

***Keywords:** PET plastic, highways, 3D printing*

Полиэтилентерефталат (polyethyleneterephthalate) – пластик, получаемый методом поликонденсации этиленгликоля с терефталевой кислотой или ее диметилловым эфиром [1], является самым популярным и распространенным материалом для производства волокон, пищевых пленок, упаковки и пластиковых изделий.

Тара, выполненная из полиэтилентерефталата, имеет множество достоинств:

– стоимость: производство ПЭТ-тары требует меньших финансовых затрат, в сравнении с продукцией из стекла, влияя на снижение стоимости продукции из пластика;

– легковесность: вес стандартной ПЭТ-тары объемом 1,5 л составляет в среднем 28 г при массе аналогичного стеклянного изделия равной 350 г;

– долговечность: продукция из полиэтилентерефталата не бьется и не деформируется во время транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ, а также может эксплуатироваться в широком диапазоне температур (от минус 60 °С до плюс 130 °С).

– многообразие вариантов исполнения: ПЭТ-тара может быть любого объема, формы и цвета;

– экологичность: производство и оборот тары из полиэтилентерефталата требуют небольшого количества электрической энергии, соответственно, меньшего потребления природных ресурсов и снижения количества выбросов углекислого газа в атмосферу.

– безопасность: инертный материал не вступает в химическую реакцию с пищевыми продуктами и безалкогольными напитками, устойчив к атакам микроорганизмов.

Помимо вышеперечисленных достоинств, изделия из ПЭТ могут быть на 100 % подвержены рециклингу, что является важным преимуществом для сохранения экологии и сокращения расхода природных ресурсов, так как ПЭТ-тара разлагается на полигонах 150 лет [2].

Переработку ПЭТ пластика проводят в несколько этапов (рис. 1):

- 1) разделение отходов по виду и цвету (сортировка);
- 2) измельчение отсортированных отходов в специальном дробильном оборудовании (дробление);
- 3) очищение и промывка полученного измельченного сырья от примесей;
- 4) просушивание смеси, полученной на предыдущих этапах;
- 5) нагревание сухой массы до температуры плавления ПЭТ-пластика;
- 6) выдавливание массы через специальные нитевидные отверстия методом экструзии (формирование);
- 7) помещение полученной массы в холодную воду (охлаждение);
- 8) наматывание готовых нитей на катушку для дальнейшего использования для 3D печати.

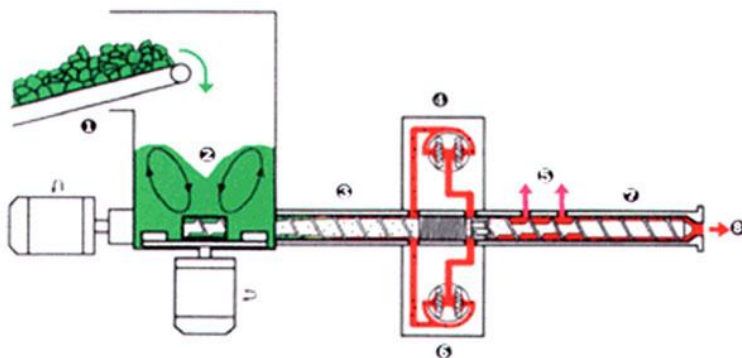


Рис. 1. Установка для изготовления нити из переработанного ПЭТ-пластика [3]

- 1 – транспортер; 2 – термоизмельчитель; 3 – одношнековый экструдер;
 4 – фильтр; 5 – газоотводящая зона; 6 – фильтр; 7 – шнековая зона;
 8 – дальнейшая переработка

Обладая идентичными свойствами, полученный материал имеет стоимость на 70 % ниже в сравнении с исходным.

При подаче для 3D-печати материал сохраняет одинаковый диаметр и не образует пузырей. Также стоит отметить повышение гибкости переработанного ПЭТ при сохранении прочности и легкое склеивание.

В дорожном строительстве вторичный пластик нашел широкое применение.

Так, индийская компания KK PlasticWasteManagement осуществляет добавление полимера из переработанного пластика в асфальтовую смесь. Для этого пластмассовые отходы перерабатываются, обогащаются стабилизаторами и смешиваются с битумом, в результате чего получается новое дорожное водонепроницаемое покрытие, отличающееся большей прочностью и долговечностью по сравнению с традиционным асфальтом.

В городе Ванкувер осуществляется реализация проекта по созданию нового дорожного покрытия, состоящего на 80 % из асфальта и на 20 % из переработанного пластика. Преимуществом такого материала является уменьшение энергетических затрат при производстве за счет снижения температуры изготовления смеси.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработка технологий для рециклинга полимерных отходов бытового назначения может помочь в решении проблем сохранения экологии, а также дает возможность производить из перерабатываемого сырья продукцию по своим характеристикам не уступающую более дорогим аналогам.

Активное использование вторичного ПЭТ-пластика в дорожном строительстве для изготовления 3D-армирования позволит решить две проблемы: сократить стоимость строительства автомобильных дорог и очистить планету от пластикового мусора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Индустрия полимеров: материалы, оборудование, поставщики. URL: <https://www.inpolimer.ru/> (дата обращения 15.03.2023).
2. Преимущества ПЭТ тары. URL: <https://simferopol.kubansteklotara.ru/> (дата обращения 15.03.2023).
3. Способы переработки отходов ПЭТ. URL: [https://www.waste.ru/modules /](https://www.waste.ru/modules/) (дата обращения 15.03.2023).

АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЫБИНСКОГО МР ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.П. Маслов, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В работе проведен анализ программы развития транспортной инфраструктуры городского округа город Рыбинск.

***Ключевые слова** : транспортная инфраструктура, пропускная способность, транспорт*

ANALYSIS OF THE CONCEPT OF DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE RYBINSK MR OF THE YAROSLAVL REGION

D.P. Maslov, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper analyzes the development program of the transport infrastructure of the city district of Rybinsk.

***Keywords**: transport infrastructure, capacity, transport*

Термин «инфраструктура» появился в экономической литературе в конце 1940-х годов для обозначения комплекса отраслей хозяйства, обслуживающих промышленное и сельскохозяйственное производство (строительство шоссейных дорог, каналов, портов, мостов, аэродромов, складов, энергетическое хозяйство, транспорт, связь, водоснабжение и канализация и т.п.) [1].

Под транспортной инфраструктурой следует понимать совокупность материально-технических и организационных условий, обеспечивающих быстрое и беспрепятственное выполнение перевозочного процесса.

К объектам транспортной инфраструктуры относятся [1]:

- пути сообщения;
- технические сооружения;
- грузовые и пассажирские вокзалы и станции;
- агентства по продаже билетов и организации перевозок;
- логистические центры;
- склады;
- инженерные сети;
- транспортные коммуникации и т.д. [1].

Транспортная инфраструктура непосредственно связана с общим развитием производительных сил и часто рассматривается как одна из важнейших составных частей инфраструктуры экономики в целом [1].

Рыбинск, второй по величине город Ярославской области, находится в 78 км от областного центра г. Ярославля, располагается между важнейшими центрами России в 266 км от Москвы и 531 км от Санкт-Петербурга, вдоль живописных берегов Волги ниже Рыбинского водохранилища, одного из крупнейших в Европе [2].

Территория города составляет 9,9 тыс. га, в т.ч. застроенных земель 6,0 тыс. га, незастроенных 3,9 тыс. га. По данным, представленным на официальном сайте федеральной службы государственной статистики, на 01.01.2022 численность населения Рыбинска составляет 179575 тыс.чел.

Месторасположение города позволяет осуществлять транспортную деятельность по перевозке пассажиров и грузов при помощи основных видов транспорта: железнодорожным, водным, воздушным и автомобильным.

Важнейшей составной частью жизнедеятельности города является пассажирский транспорт. Действующая транспортная маршрутная сеть составляет 490,1 км и охватывает все районы города. Длина автобусных маршрутов 221,7 км, троллейбусных 147,3 км, маршрутных такси 121,1 км. Ежегодно автомобильным общественным транспортом в городском округе город Рыбинск перевозится около 33,5 млн. человек.

Основу магистральной улично-дорожной сети составляют улицы общегородского значения с непрерывным и регулируемым движением транспорта. К ним относятся сложившиеся магистрали, по которым осуществляются основные связи планировочных районов между собой и с деловым центром города, а также вновь строящиеся магистрали [2].

Действующая сеть автомобильных дорог города Рыбинска сформирована ещё в 60-80-е годы прошлого века, технические параметры значительной части магистральных улиц (ширина в красных линиях, габариты проезжей части) не соответствуют действующим нормативам движения

автотранспорта.

В связи с этим в настоящее время 68 % всех автомобильных дорог общего пользования местного значения, из-за высокой степени износа и низкой пропускной способности, нуждается в проведении работ по повышению качества проезжих частей, пешеходных путей, ремонту или новому строительству ливневой канализации и других инженерных сетей, а также увеличению ширины проезжей части.

Общая протяжённость автомобильных дорог городского округа город Рыбинск на 01.01.2017 представлена в таблице 1.

Таблица 1. Протяженность автомобильных дорог общего пользования местного значения [2]

	Протяженность на 2017год, км
Общая протяженность дорог – всего	372,8
в том числе с твердым покрытием	241,3
с грунтовым покрытием	158,5
из них с усовершенствованным покрытием	214,3
протяженность дорог с твердым покрытием, не отвечающих нормативным требованиям, и грунтовым покрытием	251,4

По данным МУ МВД России "Рыбинское" по состоянию на 01.01.2016 в городе Рыбинске зарегистрировано 52785 единиц легкового транспорта. Уровень автомобилизации населения в 2016 году составил 275 единиц легкового транспорта на 1000 жителей. Ежегодный прирост легковых транспортных средств, в период с 2014 по 2016 года в среднем составил 2300 (4-5%) единиц (рис. 1) [2].

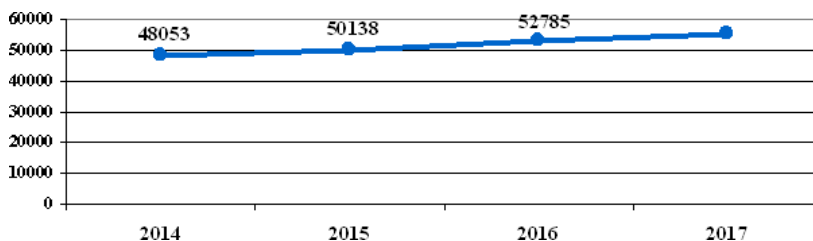


Рис. 1. Количество легкового автотранспорта, состоящего на учете на территории Рыбинска в 2014-2016 гг. [2]

Существующая инфраструктура, не отвечающая современным требованиям (возросшему уровню автомобилизации), а именно недостаточное количество удобных и вместительных мест для парковки транспортных средств, отсутствие границ между проезжей частью, газонном и тротуаром и недостаточная ширина внутриквартальных проездов, вынуждает автовладельцев нарушать правила парковки.

В городском округе город Рыбинск обеспеченность местами для хранения автомобилей по месту проживания населения составляет в среднем 25-30 %, а обеспеченность местами для парковки у объектов социальной инфраструктуры в среднем не превышает и 20 % от требуемого количества[2].

Для решения данной проблемы необходимо провести следующие мероприятия:

- строительство парковок (особый вид автостоянок, созданных на, над и под объектами улично-дорожной сети);
- строительство автостоянок, в том числе на внутридворовых и междомовых территориях.

В период с 2011 по 2016 год были организованы 38610 м² парковок в границах улично-дорожной сети, без учета парковок на придомовых дворовых территориях в рамках благоустройства дворовых территорий.

Рост автомобилизации, так же приводит к концентрации внимания в области разработки системных решений по обеспечению безопасности движения как транспортных средств, так и пешеходов.

Таким образом с 2021 года в Рыбинске началось строительство велодорожек. Первые выделенные полосы для двухколесного транспорта появились на улице Моторостроителей и в Волжском парке. Их общая протяженность составляет более двух километров. В перспективе на территории города будет сформирована сеть веломаршрутов, охватывающая весь город, соединяя спальные районы с рекреационными зонами [3].

Важным фактором, влияющим на состояние объектов транспортной инфраструктуры, является организация движения грузовых транспортных средств. Количество грузовых транспортных средств, зарегистрированных на территории Рыбинского района 2016 году, составило более 6700 единиц, и с каждым годом эта цифра только увеличивается.

Движение грузовых транспортных средств на территории городского округа город Рыбинск организовано элементами обустройства автомобильных дорог, искусственными и дорожными сооружениями, устройством в соответствии с правилами дорожного движения. Движение большегрузных транспортных средств организовано в обход территорий жилой застройки и кварталов по Окружной дороге, Ярославскому тракту, Переборскому тракту, Шекнинскому шоссе[2].

На территории городского округа город Рыбинск работы по со-

держанию и уборке улично-дорожной сети города обеспечивают 4-5 подрядных организаций. Автопарк машин для зимнего содержания автомобильных дорог включает в себя около 49 единиц дорожной техники (таблица 5).

Таблица 2. Техника, задействованная в зимней уборке [2]

Тип используемой техники	Количество, шт
Самосвалы	7
КДМ	16
Грейдеры	5
Тракторы	8
Погрузчики	6
Бульдозеры	2
Экскаваторы	2
Снегоотбрасыватели	3
Всего:	49

Для качественного содержания улично-дорожной сети города необходимо не только заменить подлежащий списанию парк транспортных средств, но и дополнительно закупить не менее 10 ед. снегоуборочных, поливомоечных машин и иной спецтехники [2].

Проведя анализ и оценку состояния транспортной инфраструктуры Рыбинского МР, можно выделить ряд проблем, решение которых в ближайшем будущем позволит значительно ускорить её развитие

- нехватка мест для парковки автомобилей по месту проживания населения и у объектов социальной инфраструктуры;
- нехватка средств в бюджете региона для финансирования мероприятий по ремонту и содержанию существующих автомобильных дорог как в летний, так и в зимний периоды;
- низкое качество строящихся автомобильных дорог, связанное с использованием строительных материалов и технологий, не соответствующих современным стандартам;
- низкая пропускная способность автомобильных дорог, вызванная увеличением в последние годы доступностью личного транспорта.

Все эти проблемы напрямую связаны с финансированием региона. Применение «тощего» цементобетона в качестве меры усиления как имеющихся, так и строящихся автомобильных дорог позволит при минимальном увеличении стоимости строительства, увеличить срок службы как дорожной одежды, так и автомобильной дорог и в целом. Реализация

данного метода приведет к увеличению рационального использования средств бюджета региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортная инфраструктура. Понятие транспортной инфраструктуры. URL: https://kartaslov.ru/кни-ги/Транспортная_инфраструктура/2.
2. Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры городского округа город Рыбинск на 2017-2030 годы. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/45924512/paragra-ph/1:0>.
3. Сайт администрации города Рыбинск. URL: <https://rybinsk.ru/news-2022/23613-v-rybinske-prodolzhat-razvivat-veloin-frastrukturu>.

**О ПРОБЛЕМЕ МАЛОЙ ИЗУЧЕННОСТИ
ГРАНУЛИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ
ОТХОДОВ ПО МЕТОДИКЕ МАРШАЛЛА**

Н.А. Михайлов, Т.А. Третьяков, Д.В. Герасимов

Научный руководитель – **Д.В. Герасимов**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье описываются материалы исследования технологии производства гранулированной асфальтобетонной смеси. Основной целью исследования является - исследование особенностей испытаний гранулированной асфальтобетонной смеси с использованием промышленных и бытовых отходов по обновлённой методике государственных стандартов Российской Федерации предъявляемым к асфальтобетонным смесям.

Ключевые слова: полиэтилентерефталат, отходы, утилизация отходов, битум, асфальтобетон, методика Маршалла

**ABOUT THE PROBLEM OF LOW KNOWLEDGE
GRANULATED ASPHALT CONCRETE MIXTURE
USING INDUSTRIAL AND HOUSEHOLD
WASTE ACCORDING TO THE MARSHALL METHOD**

N.A. Mikhailov, T.A. Tretyakov, D.V. Gerasimov

Scientific Supervisor – **D.V. Gerasimov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article describes the materials of research on the technology of production of granular asphalt concrete mixture. The main purpose of the study is to study the features of testing granular asphalt concrete mixture using industrial and household waste according to the updated methodology of the state standards of the Russian Federation for asphalt concrete mixtures.

Keywords: polyethylene terephthalate, waste, waste disposal, bitumen, asphalt concrete, Marshall 's methodology

Технология получения асфальтобетонных смесей методом гранулирования окатыванием была разработана в Ярославском государственном техническом университете еще 2002-2012 гг., под руководством профессоров Готовцева В.М. и Зайцева А.И [1].

В ходе дальнейших изысканий, проведенных на базе Ярославского государственного технического университета в 2017-2020 гг., исследователями был определен целый ряд альтернативных материалов из числа промышленных и бытовых отходов, среди которых были определены: металлургический шлак и асфальтобетонная крошка – (КЗ), фосфогипс (МЗ) и полиэтилентерефталат – полимерный модификатор-гидрофобизатор битума [2, 3]. Применение вторично переработанных промышленных и бытовых отходов, позволяет значительно снизить себестоимость конечного продукта и частично снизить проблему загрязнения окружающей среды. Разработанный материал, с применением данных отходов обладает высокими технико-эксплуатационными характеристиками, что подтверждается данными представленными в таблице 1 [4].

Таблица 1. Результаты независимых испытаний гранулированной асфальтобетонной смеси с применением фосфогипса и полиэтилентерефталата [4]

Наименование показателей	Ед. изм.	Фактические показатели	Требования ГОСТ 9128-2013
Плотность	г/см ³	2,45	-
Водонасыщение	%	1,6	1,0-2,5
Предел прочности при сжатии при температуре 20° С	МПа	6,3	2,5
Предел прочности при сжатии при температуре 50° С	МПа	3,4	1,0
Предел прочности при сжатии при температуре 0° С	МПа	12,5	не более 9,0
Сдвигоустойчивость по: - коэффициенту внутреннего трения;	МПа	0,76	не менее 0,88
- сцеплению при сдвиге при температуре 50° С		1,38	не менее 0,25
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0° С и скорости деформирования 50 мм/мин	МПа	3,9	Не менее 3,0 – не более 5,5
Водостойкость	-	1,06	0,95
Водостойкость при длительном водонасыщении	-	0,90	0,90

Гранулированную асфальтобетонную смесь сложно охарактеризовать по какому-либо из государственных стандартов для асфальтобетонных смесей, следовательно, сложно подобрать оптимальную методику её испытания. Этот факт обусловлен изменениями в структуре и составе гранулированной асфальтобетонной смеси, в сравнении со своими традиционными аналогами.

Как показали исследования, проведённые в 2018 году, гранулированная асфальтобетонная смесь обладает возможностью долговременного хранения в рассыпчатом виде и последующего уплотнения в холодном состоянии по ГОСТ 12801-98 – благодаря предварительной агломерации гранул.

До 2019 года, помимо ГОСТ 9128-2013 и ГОСТ 12801-98 на асфальтобетонные смеси в Российской Федерации действовали ПНСТ – предварительные национальные стандарты, предвещавшие появление в скором времени новых государственных стандартов на асфальтобетонные смеси. ПНСТ не являются обязательными к исполнению и являются лишь проектом государственных стандартов. Однако, в 2019-2020 гг., новые стандарты на асфальтобетонные смеси, которым ПНСТ послужили прототипом, полностью вошли в полноценное обращение.

Как было упомянуто ранее, гранулированная асфальтобетонная смесь не может быть в полной мере охарактеризована ни по одному из ныне существующих в Российской Федерации стандартов, так как является принципиально новым материалом, поэтому на момент проведения исследований (2012-2020 гг.) использовались наиболее доступные стандарты ГОСТ 9128-2013 и ГОСТ 12801-98.

На 2022 год в РФ действуют и новые и старые стандарты на асфальтобетонные смеси. Они не противоречат друг другу, поскольку нормируют разные по принципу проектирования асфальтобетонные смеси, но общепризнанно считается, что старые стандарты морально устаревшие и в скором времени подлежат отмене.

Уровень характеристик горячей и холодной гранулированной асфальтобетонной смеси в сравнении по ГОСТ 9128-2013 отличаются незначительно, что позволяет выдвинуть гипотезу о допустимости аналогичного исследования гранулированной асфальтобетонной смеси по новым методикам 2019-2020 гг., несмотря на отсутствие в них нормативов для холодных асфальтобетонных смесей.

Следовательно, появляется гипотетическая возможность и острая необходимость апробации гранулированной асфальтобетонной смеси по новым методикам – что обуславливает актуальность данного исследования.

Проведённые в ЯГТУ в 2021 году предварительные испытания показали, что гранулированная асфальтобетонная смесь при уплотнении по

методике Маршалла в холодном состоянии, предписанной ГОСТ Р 58406.9-2019, уплотняется значительно хуже, что существенно влияет на уровень всех контролируемых технико-эксплуатационных характеристик. Это может быть обусловлено различиями природы прилагаемых нагрузок при формировании образцов. Статическая нагрузка, предусмотренная методикой ГОСТ 12801-98, заменена на импульсную динамическую нагрузку согласно ГОСТ Р 58406.9-2019. В свою очередь, для формирования гранулированной асфальтобетонной смеси, статическая нагрузка более предпочтительна, поскольку именно при её применении достигается равномерное растекание оболочек гранул гранулированной асфальтобетонной смеси.

Таким образом, необходимо предложить способы повышения качества уплотнения гранулированной асфальтобетонной смеси по ГОСТ Р 58406.9-2019, без изменения её состава в ходе процесса изготовления.

Исследованием была поставлена цель – исследование особенностей испытаний гранулированной асфальтобетонной смеси с использованием промышленных и бытовых отходов по обновлённой методике государственных стандартов Российской Федерации предъявляемым к асфальтобетонным смесям.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) изучить научную литературу, патентный опыт и новую нормативную базы по тематике работы;
- 2) разработать методики испытаний гранулированной асфальтобетонной смеси с использованием промышленных и бытовых отходов в соответствии с новыми государственными стандартами Российской Федерации предъявляемым к асфальтобетонным смесям;
- 3) предложить и апробировать способы улучшения уплотнения гранулированной асфальтобетонной смеси по ГОСТ Р 58406.9-2019.

В качестве научной литературы и патентной информации по существу научной работы решено использовать научно-практический задел, созданный в Ярославском государственном техническом университете с 2012 по 2020 годы, рассматривающий исследования, связанные с разработкой гранулированной асфальтобетонной смесью.

В качестве нормативно-правовой основы, решено использовать три государственных стандарта по новой методике испытаний Маршалла: ГОСТ Р 58406.9-2019; ГОСТ Р 58406.8-2019; ГОСТ Р 58401.18-2019.

Необходимо исследовать данные нормативные стандарты и оптимизировать их под испытания конкретно гранулированной асфальтобетонной смеси разного состава и с разными свойствами.

Оценка полученных данных должна вестись в соответствии с ГОСТ Р 58406.2-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон».

В качестве способов повышения уплотняемости гранулированной асфальтобетонной смеси предложено нижеследующее:

- отказаться от применения гранулированной асфальтобетонной смеси в холодном состоянии и повысить её уплотняемость путём нагрева (изменение температурного режима уплотнения);

- использовать химические добавки (праймер) для размягчения поверхности оболочки гранул, без изменения температурного режима уплотнения.

Первый способ подразумевает фактически переформовку гранулированной асфальтобетонной смеси, за тем исключением, что смесь до формирования находится в стандартном состоянии при её хранении, т.е. находится в рассыпчатом виде. Данный способ возможен к практическому использованию, за счёт нагрева гранулированной асфальтобетонной смеси на месте мобильной жидкотопливной горелкой, или инфракрасным излучателем.

Второй способ подразумевает введение в готовую гранулированную асфальтобетонную смесь смачивающего компонента, размягчающего поверхность или всю толщу оболочки гранулы – праймера.

Реализация способа возможна за счёт:

1) медленно распадающейся эмульсии ЭБК-3;

2) праймера на основе легколетучих органических растворителей.

Таким образом, в ходе дальнейшего исследования, необходимо произвести экспериментальную апробацию предложенных методов по скорректированной методике государственных стандартов, более адаптированной под использование гранулированной асфальтобетонной смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2182136 Российская Федерация. Способ получения асфальтобетонной смеси / Готовцев В.М., Зайцев А.И., Галицкий И.В., Баскаков Д.В. Оpubл. 10.05.2002.
2. Пат. 2701007 Российская Федерация. Способ получения гранулированного асфальтовязующего на основе фосфогипса / Готовцев В.М., Игнатъев А.А., Герасимов Д.В. Оpubл. 24.09.2019.
3. Пат. № 2762177 Российская Федерация. Способ получения гранулированной асфальтобетонной смеси на основе дисперсных промышленных и бытовых отходов / Герасимов Д.В., Готовцев В.М., Игнатъев А.А. Оpubл. 16.12.2021.
4. *Герасимов, Д.В. и др.* Перспективы использования фосфогипса в производстве асфальтобетона / Дороги и мосты. 2018. № 2 (40). С. 304-315.

НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРОБОК НА УЛИЧНО-ДОРОЖНУЮ СЕТЬ

А.А. Моисеев, К.А. Куликова

Научный руководитель – **К.А. Куликова**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается негативное влияние дорожных заторов на жителей и
улично-дорожную сеть современного города.*

***Ключевые слова:** дорожный затор, автомобильная пробка, транспорт-
ная инфраструктура, улично-дорожная сеть*

THE NEGATIVE EFFECTS OF TRAFIC JAM ON THE ROAD NETWORK

A.A. Moiseev, K.A. Kulikova

Scientific Supervisor – **K.A. Kulikova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The negative effects of traffic jams on residents and the road network of a mod-
ern city are considered.*

***Keywords:** traffic jams, transport infrastructure, road network*

Автомобиль был изобретен и используется с целью совершения быстрых и комфортных перемещений, но ежедневно появление большого количества транспортных средств на улицах любого крупного города ведет к тому, что поездки перестали удовлетворять ожидаемым требованиям и приводят к противоположным эффектам.

Транспортные системы в современных городах, особенно крупных, строились десятилетиями и требуют времени и значительных инвестиций для изменения. Структура и протяженность городских улиц и улично-дорожной сети базируются на генеральной схеме развития, ориентированной на определенный уровень автомобилизации. Достаточно долгое время в СССР, затем в России, приоритет в развитии транспорт-

ных услуг отдавался пассажирскому транспорту общего пользования, а за расчетный уровень автомобилизации принимали 180 авт./1000 чел. (СНиП II-60-75*) [1].

Дорожный затор или автомобильная пробка – это состояние транспорта, которое характеризуется снижением скорости, увеличением времени в пути и увеличением количества автомобильных очередей. При образовании затора значительно снижается пропускная способность участка дороги. Если прибывающий поток транспорта превышает пропускную способность участка дороги, затор растёт лавинообразно.

Негативное влияние автомобильных пробок проиллюстрировано на рис. 1.

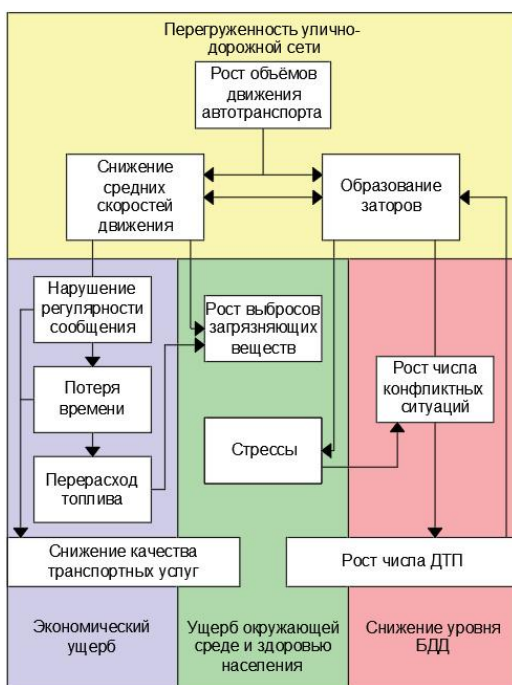


Рис. 1. Следствия перегруженности городской улично-дорожной сети [2]

Автомобильные пробки отнимают большое количество времени. Статистика временных потерь двадцати пяти самых загруженных городов мира представлена на рисунке 2.

При этом неочевиден экономический ущерб, наносимый дорожными заторами. В 2019 г. водители США из-за пробок потеряли совокуп-

но 88 млрд долларов, а средний водитель – 99 часов и 1 377 долларов в год. Издержки некоторых городов США, Великобритании и Германии с наибольшими пробками представлены в таблице 1.

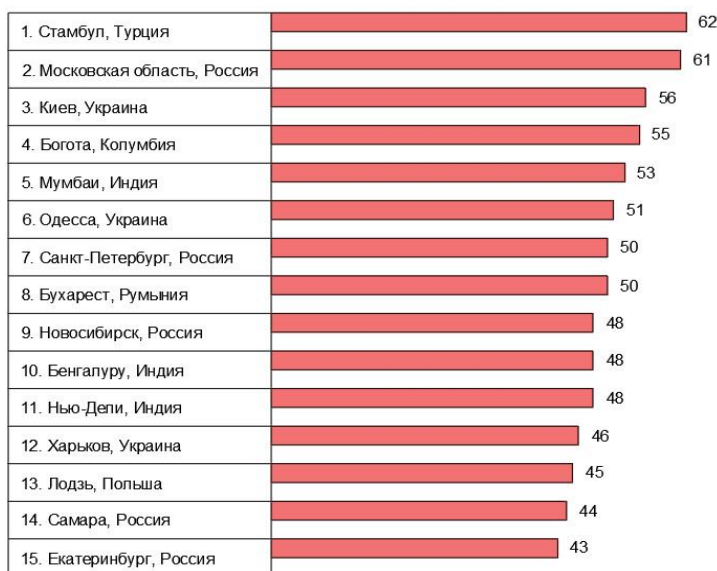


Рис. 2. Время, проведенное в среднем водителем в пробках от времени в пути без пробок, % [3]

Таблица 1. Издержки от пробок в некоторых странах мира [4]

Город	Издержки для среднего водителя, \$	Издержки для города, млрд\$
Нью-Йорк	2072	11,0
Лос-Анджелес	1524	8,2
Чикаго	2146	7,6
Филадельфия	2102	4,5
Бостон	2205	4,1
Сан-Франциско	1436	3,0
Лондон	1162	4,9
Эдинбург	764	0,177
Берлин	587	0,792
Мюнхен	774	0,405

К основным причинам образования дорожных пробок можно отнести [5]:

- низкую пропускную способность дороги или её элемента из-за конструкции дороги;
- ошибки при проектировании генерального плана городской улично-дорожной сети;
- рост автомобилизации;
- некачественное состояние покрытия;
- дорожно-транспортные происшествия;
- дорожные работы или содержание дороги.

Анализ проблем образования заторов в городах показал, что эффективность их решения зависит от грамотности прогнозируемых и реализуемых мероприятий, для чего требуется рассмотрение не только конкретной дороги, улицы или её участка, а также улично-дорожной сети, прилегающей к дороге и связанной с ней в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-60-75 Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов.
2. Slideplayer. URL: <http://slideplayer.com/slide/8577627> (Дата обращения: март 2023).
3. Nonews. URL: <https://nonews.co/wp-content/uploads/2022/02/TomTom2021.pdf> (Дата обращения: март 2023);
4. Ведущие решения для транспортной аналитики INRIX. URL: <https://inrix.com/scorecard/> (Дата обращения: март 2023);
5. *Рахманов, А.Б.* Четыре колеса апокалипсиса: причины автомобильных пробок в крупных городах мира. Научная электронная библиотека cyberleninka.ru URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chetyre-kolesa-apokalipsisa-prichiny-avtomobilnyh-probok-v-kрупnyh-gorodah-mira> (Дата обращения: март 2023).

ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОГИПСА В КАЧЕСТВЕ МИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО В ТЕХНОЛОГИИ ХОЛОДНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

А.В. Морозова, Д.В. Герасимов

Научный руководитель – **Д.В. Герасимов**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В данной статье изложены основные гипотезы об использовании промышленных отходов для восстановления асфальтобетонных покрытий при технологии холодной регенерации. Целью работы является – исследование особенностей применения фосфогипса в качестве альтернативного сырьевого компонента в технологии холодной регенерации.

***Ключевые слова:** холодная регенерация, отходы, фосфогипс, вяжущее, асфальтобетон*

APPLICATION OF PHOSPHOGYPSUM AS A MINERAL BINDER IN THE TECHNOLOGY OF COLD REGENERATION OF ASPHALT CONCRETE COATINGS

A.V. Morozova, D.V. Gerasimov

Scientific Supervisor – **D.V. Gerasimov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

This paper outlines the main hypotheses for the use of industrial waste for asphalt concrete pavement rehabilitation in cold regeneration technology. The aim of the work is to study the features of phosphogypsum application as an alternative raw material component in cold regeneration technology.

***Keywords:** cold regeneration, waste, phosphogypsum, binder, asphalt concrete*

Автомобильные дороги являются неотъемлемым социально-экономическим базисом страны, а их содержание и ремонт, реконструкция и строительство – неотъемлемая часть бюджета любого государства. В ходе эксплуатации, автомобильная дорога теряет свои технико-эксплуатационные показатели, ухудшается прочность и ровность покры-

тия. При должном уходе срок эксплуатации всех конструктивных элементов автомобильной дороги существенно увеличивается, но это не является гарантом бесконечного срока службы. Актуальные сроки ремонта дорог различных категорий по Постановлению Правительства РФ от 30 мая 2017 г. № 658 приняты:

- для дорог I-IV категории: капитальный ремонт – 24 года, текущий ремонт – 12 лет;
- для дорог V категории: капитальный ремонт – 10 лет, текущий ремонт – 5 лет.

Более того, в связи с неуклонным увеличением дорожного трафика и значений осевых нагрузок транспортных средств, возникает необходимость повышения технико-эксплуатационных показателей, для приведения их в соответствии с современными техническими требованиями. Таким образом, остро встаёт вопрос о реконструкции капитальном ремонте или ремонте автомобильных дорог.

Решение данной проблемы в автодорожном строительстве занимает особое место в виду своей актуальности и отсутствия рамок. Постоянно разрабатываются новые методы и улучшаются традиционные технологические приёмы. Одним из новых и самых экономически выгодных методов считается холодная регенерация дорожного покрытия [1].

Одно из определений технологии холодной регенерации дано в ОДМ 218.6.1.005-2021 – метод повторного использования переработанного асфальтобетона и/или асфальтобетонного гранулята, предусматривающий введение вяжущего, а при необходимости – скелетного материала, воды и других добавок, перемешивание всех компонентов, распределение и уплотнение смеси.

Метод холодной регенерации основан на одном из ключевых технологических показателей асфальтобетона – высокая пригодность к вторичному использованию лома или крошки фрезеровки асфальтобетонного покрытия – асфальтогранулята. Установлено, что к вторичному использованию пригодно до 80-90 % полезной массы асфальтобетона, даже по истечении расчетного срока службы. В мировой практике использования переработанного покрытия указано, что до 100 % лома применяют в США, Англии, Германии и Франции. В Японии, Чехии и Словакии – около 80 %, а в Венгрии и Польше – 60 % и 50 % соответственно. В России такой процент существенно ниже, ввиду относительной новизны технологии. Но, безусловно, данное направление перспективно и быстро развивается. Так, при переработке 1000 тонн старого асфальтобетона экономится до 900 тонн минеральных материалов (щебня, песка, минерального порошка) и около 70 тонн битума, что и ведет к значительному экономическому эффекту [2].

По технологии холодного ресайклинга возможно получать покрытия и/или основания двух типов, основанных на разных по гранулометрическому составу материалах:

- асфальтогранулобетонные смеси (АГБС);
- стабилизированные грунты.

Способы получения конструктивных слоёв на основе перечисленных выше материалов требуют дальнейшего изучения, не только в области технологий производства дорожно-строительных работ, но и с точки зрения материаловедения.

Обычно для восстановления конструктивных слоёв дорожной одежды по технологии холодной регенерации рекомендуют вводить органические вяжущие: жидкий битум, битумную эмульсию, отработанные масла и др. В качестве минерального вяжущего в основном применяют цемент.

Однако эта эффективная технология требует дальнейшего развития в части использования для укрепления материалов других вяжущих, совершенствования технологического процесса. Не изучено комплексное влияние технологических и погодных факторов на свойства получаемых конструктивных слоёв [3].

Тематика настоящей магистерской работы основана на диссертационном исследовании Шипицына В.В. «Обоснование технологии ремонта асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга с применением медленнотвердеющих минеральных вяжущих и разжиженного битума» [4].

В своей работе Шипицын В.В. заостряет внимание на возможности расширения сырьевой базы минеральных вяжущих, применяемых в технологии холодной регенерации, за счёт применения медленно твердеющих минеральных вяжущих.

Несомненно, что для достижения наивысшего экономического эффекта, наиболее рациональной областью поиска возможной замены традиционным минеральным вяжущим является область переработки крупнотоннажных промышленных отходов. Более того, согласно пункту 4.24 ГОСТ Р 59205-2021 для строящихся автомобильных дорог максимально используют находящиеся в зоне строительства пригодные отходы предприятий горнодобывающей, перерабатывающей промышленности, тепловых электростанций (гранулированные шлаки, золы и золошлаковые смеси тепловых электростанций и др.) и местные материалы. При анализе возможности гидравлического твердения вышеуказанных промышленных отходов допустимо охарактеризовать их как медленно твердеющие минеральные вяжущие материалы.

Изучение всего спектра возможных альтернатив традиционным минеральным вяжущим, является весьма амбициозной задачей, решение

которой в рамках магистерской работы предоставить не представляется возможным. Однако, целесообразно сконцентрировать усилия на отдельно взятом сырье, являющемся по совместительству промышленным отходом химической промышленности – фосфогипсе, или техническом гипсе. Таким образом автором магистерской работы выдвинута научная гипотеза, о возможности применения фосфогипса в качестве медленно-вердеющего минерального вяжущего в технологии холодной регенерации. Подтверждение или опровержение данной гипотезы и является целью настоящей магистерской работы.

Фосфогипс – побочный продукт производства фосфорных удобрений. Известно, что при переработке каждой тонны исходного сырья его образуется до 1,6 тонны. Мировой годовой выход фосфогипса составляет более 150 млн. тонн, из них на долю России приходится около 14 млн. тонн. Несмотря на явную целесообразность использования данного вида отходов в народном хозяйстве, их переработке в РФ подвергаются только 10 % от общего объема, а оставшаяся часть направляется для хранения в отвалы – специально спроектированные объекты размещения. Фосфогипс – это полидисперсный материал серо-белого цвета, представленный агрегатами частиц, комками и межагрегатными пустотами. Есть два вида фосфогипса — дигидрат и полугидрат. Дигидрат используют в сельском хозяйстве для мелиорации и восстановления почвы, а также для снижения загрязнения почв рядом с автомагистралями. А полугидрат – это материал, который возможно применять в дорожном строительстве. Фосфогипс дорожный состоит в основном из полугидрата сульфата кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$), небольшого количества дигидрата сульфата кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), примесей неразложившегося фосфатного сырья, песка, солей кремнефтористоводородной и фосфорной кислот, а также воды в связанном и свободном состоянии. Важным свойством полуводного фосфогипса (полугидрата сульфата кальция), является его вяжущие свойства (гидравлические свойства) [5,6].

Дороги, построенные с помощью полугидрата фосфогипса, отличаются низкой себестоимостью (на 30 % ниже стоимости традиционных дорог), надежностью и долговечностью. Фосфогипс-полугидрат сульфата кальция, как материал для строительства дорог, является экологически чистым и безопасным как во время производства, строительства, так и при нахождении в грунте. Устроенное с соблюдением технологии дорожное покрытие не пылит. Фосфогипс, используемый в строительстве дорог, в окружающей среде не трансформируется. Он не выделяет газы, вредные для озонового слоя Земли. У него не происходит химических изменений или реакций в земле, самовозгорания или образования токсичных веществ.

Фосфогипс в дорожном строительстве – это современный, безо-

пасный и недорогой материал. Данный материал уже используют в качестве дополнительного слоя в конструкции одежды.

Таким образом, руководствуясь целью настоящей работы, исследованием поставлены следующие задачи:

- изучение научной литературы и патентной базы в области технологии холодной регенерации;
- изучение опыта и возможности применения медленноотвердеющих минеральных вяжущих в технологии холодной регенерации;
- изучение возможности применения фосфогипса в качестве альтернативного сырьевого компонента в технологии холодной регенерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гнездилова, С.А.* Экономическая эффективность применения технологии холодного ресайклинга // Студенческий клуб «АЛЬТЕРНАТИВА». Сборник научных трудов студентов России [сайт] 2006. URL: <http://www.cs-alternativa.ru/text/1538>.
2. Применение асфальтогранулята // Строительство и недвижимость [сайт] 2008 – URL: <https://nestor.minsk.by/sn/2008/02/sn80215.html>.
3. *Шипицын, В.В.* Обоснование технологии ремонта асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга с применением медленноотвердеющих минеральных вяжущих и разжиженного битума : автореф. дис. ... канд. техн. наук/ Омск, 2006. 20 с. EDN MBIQQJ. URL: <https://tekhnosfera.com/view/168887>.
4. *Шипицын, В.В.* Обоснование технологии ремонта асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга с применением медленноотвердеющих минеральных вяжущих и разжиженного битума : дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2006. 20 с. EDN MBIQQJ. URL: <https://tekhnosfera.com/view/168887>.
5. Фосфогипс, состав, свойства и применение // Вторая индустриализация РФ сайт 2016. URL: <https://втораяиндустриализация.рф/fosfogips>.
6. *Гончаров, В.М.* Экономическая эффективность применения технологии холодного ресайклинга / В.М. Гончаров, С.В. Скориков // ЯЗнание. Категория: Строительство и архитектура [сайт] 2013. URL: <http://uchimsya.com/a/dUMo1pPm>.

**АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ, КАК ОДНОГО
ИЗ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ФАКТОРОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕЁ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Н.М. Пешков, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается перспектива развития транспортной инфраструктуры Ярославской области, как одного из определяющих фактора устойчивого развития, обеспечивающего стабильное экономическое и социальное развитие региона.

***Ключевые слова:** транспортная инфраструктура, устойчивое развитие, автомобильная дорога*

**ANALYSIS OF THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE
OF THE YAROSLAVL REGION AS ONE
OF THE DETERMINING FACTORS FOR ENSURING
ITS SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

N.M. Peshkov, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper considers the prospect of developing the transport infrastructure of the Yaroslavl region as one of the determining factors of sustainable development, ensuring stable economic and social development of the region.

***Key words:** transport infrastructure, sustainable development, road*

Устойчивое развитие (sustainable development) – концепция, зародившаяся в 1970-1980 годы на фоне признания мировым сообществом проблем развития общества и науки, ограниченности природных ресурсов и экологической обстановки [1]. Устойчивое развитие подразумевает

системные изменения окружающей нас действительности, при которых обеспечивается гармоничное, а главное системное удовлетворение экономических, экологических, социальных и институциональных потребностей человечества как сегодняшним днём для нынешнего поколения, так и в будущем, для следующих поколений.

Выделяется 17 основополагающих целей устойчивого развития (рис. 1). На данный момент – это ближайшие цели (до 2030 года). Каждая из целей обозначает одну из актуальных на сегодняшний день проблем, ответственность за решение которых должна взять на себя каждая страна.



Рис. 1. Цели устойчивого развития [2]

Отдельного внимания заслуживает группа целей, обеспечивающих качественную инфраструктуру.

И это совсем не вызывает удивления, ведь значимость уровня развития инфраструктуры выносилась на обсуждение ещё у истоков концепции устойчивого развития, начиная со Стокгольмской конференции, которая состоялась в 1972 году.

Инфраструктура является ключевым составным элементом экономического сегмента модели устойчивого развития (наряду с двумя другими сегментами – обществом и окружающей средой), её развитие не только способствует достижению целей устойчивого развития, но и сама по себе развитая инфраструктура является самостоятельной целью, имеющей одно из приоритетных значений во всём мире. Значимость уровня развития инфраструктуры вытекает из ее ключевой характеристики: она является основой, обеспечивающей функционирование различных систем (экономических, социальных, военных и др.).

Большое влияние на уровень экономического развития и конкурентоспособности региона или же страны в целом оказывает транспорт-

ная инфраструктура. Под транспортной инфраструктурой понимают совокупность всех транспортных структур, деятельность которых направлена на создание благоприятных условий функционирования экономики.

В некоторых регионах транспортная инфраструктура играет особую роль. Как пример можем представить Ярославскую область. Регион позиционируется как узловой. В регионах такого значения особой задачей стоит развитие транспортных узлов и поддержание их качества на оптимальном уровне. В случае деградации отдельных участков, путей снабжения или развязок образуются точки зastoев, замедляющие потоки поставок и транспорта, увеличивается пагубное воздействие на окружающую среду.

Ярославская область является экономически развитым регионом России, занимая по многим параметрам социально-экономического развития ведущие места в Центральной России. Для стабильной работы производственных комплексов и отдельных предприятий требуется развитая транспортная инфраструктура, обеспечивая логистические функции как на региональном уровне, так и на государственном.

Транспортная система региона имеет российское и международное значение, объединяет железнодорожные, автомобильные, водные, воздушные и трубопроводные транспортные потоки, обеспечивая возможность смешанных перевозок. Ярославль – крупный транспортный узел Европейской части России, расположен на международных магистралях, которые связывают Москву с другими городами севера и востока России. Преимущество области заключается в высокой развитости внутренних путей сообщения и дорожной сети по сравнению с большинством близлежащих соседних областей. По территории области проходит Северная железнодорожная ветвь транссибирской магистрали [3].

Однако существуют проблемы, ограничивающие реализацию новых инвестиционных проектов и наращивание мощностей уже существующих предприятий. Данные проблемы связаны с дефицитом электроэнергии и трудовых ресурсов. В связи с этим происходит торможение наращивания экономического потенциала, что снижает темпы повышения устойчивости. Помимо этого, требуется комплексная модернизация и реновация водоотводящих и водопроводных систем.

Ещё один широкий спектр проблем связан с транспортной инфраструктурой. Ключевыми недостатками являются слабый уровень развития логистики, несоответствие нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационному состоянию большей части автомобильных дорог регионального значения [3].

Согласно общероссийской статистике Ярославская область расположилась на 77 месте в рейтинге самых качественных дорог в России с результатом 30,4 % – при средней плотности асфальтированных дорог

276,3 километра на 1000 квадратных метров территории.

Согласно данному обзору можно сделать следующие выводы:

– Ярославская область исторически позиционируется как узловой регион, на её территории располагается множество значимых железнодорожных, автомобильных и трубопроводных путей;

– функционирующие на территории предприятия и промышленные комплексы обеспечивают экономический потенциал;

– потенциал раскрыт не в полной мере в связи с имеющимися проблемами с дефицитом электроэнергии и трудовых ресурсов;

– ключевыми недостатками транспортной инфраструктуры являются слабый уровень развития логистики, несоответствие нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационному состоянию большей части автомобильных дорог регионального значения;

– несоответствие автомобильных нормативным требованиям приводят к замедлению или в целом «отмиранию» целых логистических направлений;

– обособленной проблемой стоит отсутствие систематизированной открытой информации о состоянии дорожных сетей региона;

– для обеспечения дальнейшего экономического и социального развития региона в будущем, следует решать проблему качества автомобильных дорог в настоящем.

В соответствии со сделанными выводами следует разработать концепции, повышающие надёжность, эксплуатационные сроки и общее качество автомобильных дорог Ярославской области. Определяющим фактором должно служить следование концепции устойчивого развития. Принимаемые решения должны основываться на снижении воздействия на природные экосистемы, снижении количества добычи новых материалов. Предлагаемые варианты ремонта и строительства должны включать циклы переработки старых материалов с получением на выходе новых, обеспечивающих те же эксплуатационные и прочностные характеристики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое концепция устойчивого развития и почему крупному бизнесу стоит обратить на нее внимание? URL: <https://tskad.riamo.ru/> (Дата обращения 20.12.2022 г.)

2. Официальный сайт компании Globa IPerformance ImprovementInc. URL: <https://gpicorporation.com/myi-otkryityi-ksotrudnichestvu-i-dolgosrochnomu-partnerstvu-v-sfere-ustoychivogo-razvitiyarech-generalnogo-direktora-a-npeshehonova> (Дата обращения 20.12.2022 г.).

3. Паспорт социально-экономического развития Ярославской области 2019 г. М.: ГУ ЯО «Центр профессиональной ориентации и психологической поддержки «Ресурс», 2019 45 с. URL: https://resurs-yar.ru/files/prog_rt_pasport/pasport_yao.pdf (Дата обращения 20.12.2022 г.).

РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ В ГОРОДЕ ЯРОСЛАВЛЕ

А.К. Полищук, К.А. Куликова

Научный руководитель – **К.А. Куликова**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены статистические данные по показателям транспортной инфраструктуры Ярославля, результатам эффективности сокращения дорожно-транспортных происшествий путем внедрения интеллектуальных транспортных систем, сделаны выводы о проблематике и перспективах их развития.

Ключевые слова: автомобильные дороги, транспортное средство, дорожно-транспортное происшествие, интеллектуальные транспортные системы (ИТС).

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN THE CITY OF YAROSLAVL

A.K. Polishchuk, K.A. Kulikova

Scientific Supervisor – **K.A. Kulikova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The statistical data on indicators of the transport infrastructure of Yaroslavl, the results of the effectiveness of reducing road accidents through the introduction of intelligent transport systems are considered, conclusions are drawn about the problems and prospects for their development.

Keywords: highways, vehicle, traffic accident, intelligent transport systems.

Город Ярославль является административным центром Ярославской области и важным транспортным узлом, занимая выгодное положение на пересечении внутрироссийских транспортных коридоров в непосредственной близости к Московскому региону. Так же муниципальное образование располагается на трассе федерального значения М8 «Москва – Холмогоры», осуществляющей связи северных регионов с центром

страны, что предопределяет высокий транспортный потенциал территории и важность развития транспортной сети для решения задач достижения устойчивого экономического роста и улучшения качества жизни населения.

Общая протяженность автомобильных дорог общего пользования города Ярославля по состоянию на 2023 год – 761,0 км. Согласно статистике Росстата за период с 2017 по 2021 год, приведенной на рис. 1, протяженность автомобильных дорог общего пользования Ярославской области увеличилась на 1 %, уровень автомобилизации граждан – на 9 %, грузооборот автомобильного транспорта – на 43 %, наблюдается положительная динамика пассажирооборота автобусов. В перспективе до 2027 года ожидается увеличение транспортных средств, осуществляющих перевозку пассажиров по городским маршрутам на 1 единицу в год, также прогнозируется рост объема грузов, перевозимых автомобильным транспортом. Тем самым, с каждым годом изменяются показатели транспортной ситуации города, что приводит к несоответствию дорожно-транспортной инфраструктуры и существенно возросших транспортных потоков.



Рис. 1. Развитие транспортной инфраструктуры города Ярославля

В связи с этим требуется оптимизация контроля над транспортными потоками, использование самых современных технологий сбора и обработки информации о параметрах транспортных потоков с целью предотвращения повышения себестоимости автомобильных перевозок, снижения их качества, затрат времени на перевозки, уменьшения эффективности работы городских служб, негативного влияния на окружающую среду и роста социальной напряженности. Решением являются интеллектуальные транспортные системы.

Согласно Распоряжению Министерства транспорта Российской Федерации от 30 сентября 2022 года № АК-247-р «Об утверждении Концепции создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования», интеллектуальные транспортные системы – это системы управления, интегрирующие современные информационные и телематические технологии для автоматизированного поиска и принятия эффективных сценариев управления дорожно-транспортным комплексом, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожно-транспортной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта. [1]

С 2017 года в Ярославле началось внедрение интеллектуальных транспортных систем в рамках проекта «Умный город» и национального проекта «Безопасные и качественные дороги», цель которых – ликвидация мест концентрации дорожно-транспортных происшествий, применение новых механизмов, технологий развития и эксплуатации дорожной сети, создание экономического стимулирования, внедрение автоматизированных технологий организации дорожного движения и контроля за соблюдением правил дорожного движения.

На сегодняшний день в Ярославле внедрены следующие элементы ИТС:

- «умные светофоры»;
- элементы фотовидеофиксации;
- электронный билет;
- пункты весогабаритного контроля;
- паркоматы;
- информационные табло, предназначенные для отображения неизменной и изменяющейся во времени информации;
- мобильные и Web приложения для мониторинга транспортной ситуации в режиме реального времени;
- проекционные пешеходные переходы.

В перспективе к концу 2024 года планируется установить детекторы транспортного потока, которые будут замерять интенсивность движения и другие показатели, разместить линии электроосвещения с системой автоматического управления, которая позволит включать фонари по заданному алгоритму и контролировать их работу.

Для оценки внедрения интеллектуальных транспортных систем в городе рассмотрим график сравнения дорожно-транспортных происшествий с 2017 по февраль 2023 года (рис. 2).

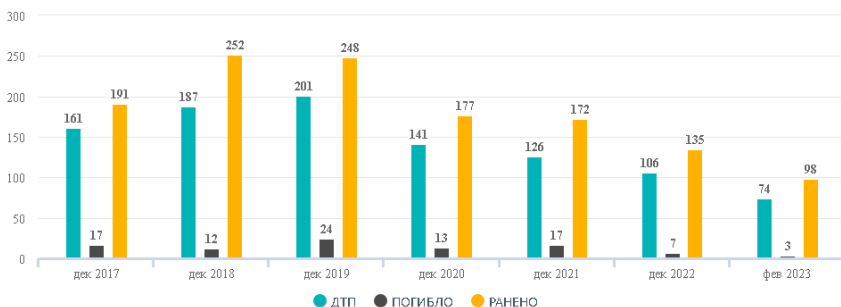


Рис. 2. ДТП с 2017 года по 2023 год в городе Ярославле [2]

Анализируя данные, можно сказать о положительной динамике снижения дорожно-транспортных происшествий, снижении количества погибших и раненых. Внедрение интеллектуальных транспортных систем оказывает положительное влияние на безопасность дорожного движения в Ярославле.

Однако стоит учитывать существующие проблемы:

- возрастающую диспропорцию между темпами роста автомобилизации и темпами развития улично-дорожной сети;
- загруженность автомобильных дорог;
- низкие темпы обновления устаревших технических средств организации дорожного движения на современные, в сравнении с более крупными городами;
- недостаточное финансирование мероприятий.

В связи с выявленными проблемами требуется поэтапное внедрение большего количества элементов интеллектуальных транспортных систем для развития улично-дорожной сети Ярославля для обеспечения повышения качества услуг, предоставляемых пользователям за счет уровня обустройства и роста пропускной способности автомобильных дорог, а также создания развитой, современной и инвестиционно-привлекательной инфраструктуры города Ярославля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 30 сентября 2022 года № АК-247-р «Об утверждении Концепции создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования» // Собрание законодательства Российской Федерации, 2022. 25 с.
2. Госавтоинспекция: Показатели состояния безопасности дорожного движения URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения 07.12.2022).

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ BIM-МОДЕЛИРОВАНИЯ

Е.А. Постевая, К.А. Куликова

Научный руководитель – **К.А. Куликова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается анализ внедрения и перспективы развития BIM-моделирования в России.

***Ключевые слова:** информационная модель, уровни зрелости, нормативная база, внедрение технологий*

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF BIM-MODELING

E.A. Postevaya, K.A. Kulikova

Scientific Supervisor – **K.A. Kulikova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the implementation and prospects for the development of BIM modeling in Russia is considered.

***Keywords:** information modeling, maturity levels, regulatory framework, technology implementation*

Развитие внедрения и использования новых технологий опирается на нормативную базу государства, разрабатываемую для различных аспектов и областей.

В России такими основаниями для глобального внедрения стали:

1. Поручения Президента
 - Перечень поручений Президента Российской Федерации от 11 июня 2016 г. № Пр-1138ГС по итогам заседания Государственного совета Российской Федерации 17 мая 2016 года;
 - Перечень поручений Президента Российской Федерации от 11 июня 2016 г. № Пр-1138ГС по итогам заседания Государственного совета Российской Федерации 17 мая 2016 года.
2. План Минстроя Российской Федерации

– План мероприятий Минстроя, утверждённым Правительством Российской Федерации от 11 апреля 2017 г. № 2468п-П9.

На данный момент в РФ действуют 13 государственных стандартов и 9 сводов правил, а также Градостроительный кодекс Российской Федерации. В основном данные нормативные документы ориентированы на построение структуры организации рабочего процесса с информационной моделью и направлены на отрасль промышленного и гражданского строительства.

Основным документом, регламентирующим формирование информационной модели объектов капитального строительства производственного и непроизводственного назначения, а также линейных объектов в государственной информационной системе Российской Федерации является СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла».

С момента начала внедрения BIM-технологий отмечается установка конкретных сроков перехода на новые технологии, обязательные для объектов, построенных за счет государственного бюджета, а также преобразование общемировых понятий и основ мирового BIM-моделирования для того, чтобы более лояльно подстроить новые технологии под наши стандарты.

Данные особенности привели к подмене понятий BIM- и ТИМ-моделирования, что говорит о неготовности отечественной структуры нормативных документов к полноценной адаптации терминов, функций и принципов работы с информационными моделями в рамках международных проектов.

Продуманный план внедрения является главным аспектом наилучшего проявления потенциала BIM-технологий.

Так как переход на новые технологии происходит плавно, планируется, что результаты от отдачи будут нарастать постепенно. При этом важно двигать процессы работ по пути внедрения, который подразумевает понимание правильного построения основных этапов.

Выделяется три основных этапа (уровня зрелости):

Уровень 1. От САПР к BIM. Заложение фундамента для внедрения:

- создание основ управления проектами;
- формирование стандартов;
- внедрение процедур взаимодействия обмена данными;
- проведение базового анализа на основе модели: визуализация, 2D- и 3D-расчеты.

Уровень 2. Продвинутый BIM. Повышение качества взаимодейст-

вия, инженерных расчетов и интеграции данных по мере внедрения:

- распространение стандартов модулирования на новые типы проектов;
- внедрение прогрессивных технологий управления данными и производственным процессами;
- проведение новых видов расчетов и анализа.

Уровень 3. Интегрированный BIM. Обеспечение эффективного выполнения проектов за счет сформированной интегрированной среды:

- высокий уровень управления, качества и удобства эксплуатации;
- высокая эффективность применения стабильных моделей;
- возможность анализа степени экологичности проекта, его жизненного цикла и организации строительных работ [1].

Внедрение BIM имеет ряд преимуществ:

1. Работа специалистов различных областей с едиными данными объекта.
2. Сокращение и оперативное выявление технических ошибок.
3. Мониторинг и управление объектом во время всего жизненного цикла.
4. Сокращение стоимости и сроков проектных работ.
5. Возможность испытания модели на требуемые нагрузки.

Таким образом, использование информационной модели позволяет повысить конкурентоспособность проектных и строительных фирм с сопутствующим контролем проекта на всех этапах, а также улучшить производительность и достигнуть целей, определяемых в Стратегии инновационного развития строительной отрасли РФ до 2030 года.

Наряду с преимуществами применения BIM в строительной отрасли, можно выделить проблемы, возникшие в связи с лимитированными сроками внедрения информационного моделирования в рабочую систему:

1. Высокая стоимость внедрения и дефицит компетентных кадров.
2. Необходимость обновления технического оснащения рабочих мест.
3. Необходимость перестройки рабочего процесса.
4. Использование зарубежного ПО, неадаптированного под отечественные стандарты.
5. Ограниченность функционала отечественного ПО и его слабое развитие в сравнении с зарубежными аналогами.
6. Низкая мотивация и отсутствие должного стимулирования предприятий для реализации нового типа работ при ограниченных

финансовых ресурсах.

Таким образом, можно отметить активное прогрессивное внедрение BIM-технологий без учета реальных способностей и ресурсов отечественных предприятий в настоящий момент времени. Однако такой темп развития может положительно сказаться на параметрах качества и контроля за строительством в реальном времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства. Autodesk. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view> (дата обращения: 28.10.2022).
2. BIM-технологии в проектировании и строительстве. Айбим. URL: <https://bim-info.ru/articles/bim-tekhnologii-v-proektirovanii-i-stroitelstve/> (дата обращения: 29.10.2022).

К ВОПРОСУ МОДИФИКАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА РЕЗИНОВОЙ КРОШКОЙ

А.Т. Сорокин, Д.В. Герасимов

Научный руководитель – **Д.В. Герасимов**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье описываются материалы исследования технологии производства модифицированной асфальтобетонной смеси. Основной целью исследования является – апробация и исследование технологии модификации асфальтобетонной смеси с использованием резиносодержащих отходов по методике государственных стандартов Российской Федерации предъявляемым к асфальтобетонным смесям.

Ключевые слова: резиновая крошка, отходы, утилизация отходов, асфальтобетон

ON THE ISSUE OF ASPHALT CONCRETE MODIFICATION RUBBER CRUMB

A.T. Sorokin, D.V. Gerasimov

Scientific Supervisor – **D.V. Gerasimov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article describes the materials of the research of the technology of production of modified asphalt concrete mixture. The main purpose of the study is to test and study the technology of modification of asphalt concrete mixture using rubber-containing waste according to the methodology of the state standards of the Russian Federation for asphalt concrete mixtures

Keywords: crumb rubber, waste, waste disposal, asphalt concrete

Проблема загрязнения окружающей среды является острой и актуальной в современном мире. Значительную угрозу представляют трудно утилизируемые отходы промышленности. С развитием производства полимерных изделий увеличивается количество отходов полимерных мате-

риалов. В настоящее время автомобильные шины становятся одним из распространенных видов полимерных отходов.

По оценкам специалистов на 1000 человек населения России число собственных автомобилей составляет 305 единиц [1]. Исходя из того, что численность населения составляет 148,9 млн человек, общее количество личных автомобилей составляет примерно 45,5 млн единиц. Срок службы автомобильной шины в среднем составляет 5 лет, зачастую реальный срок оказывается ниже, в районе 3–4 лет [1]. Таким образом, каждые 4–5 лет количество изношенных шин возрастает больше, чем на 181 тыс. шт. или, если брать среднюю массу одной шины 7 кг, то прирост составляет 1,2 млн т. Если брать в расчет грузовой транспорт, то эта цифра возрастет до 2 млн. т и выше. Подавляющее большинство отработанных шин вывозится на свалки, часто на неорганизованные. Время разложения резины в природе по осреднённым данным исследований составляет 150 лет [2]. Не пройдя и половины срока своего полного разложения, в ходе которого в почву, воздух и воду выделяются ядовитые соединения, такие как каучук (мономер), реакционные и токсичные химические соединения (ароматические углеводороды — бензол, ксилол, стирол, толуол), предшественники канцерогенов (алифатические амины), канцерогены (сероуглерод, формальдегид, фенолы). В воздух также поступают соединения хлора, серы и азота, оксиды металлов

Однако, негативное свойство покрышек — высокая стойкость к воздействию окружающей среды, что обуславливает их столь долгий срок разложения в природе возможно использовать на благо человечеству.

Применение вторично переработанных промышленных и бытовых отходов, позволяет значительно снизить себестоимость конечного продукта и частично снизить проблему загрязнения окружающей среды.

Одним из таких направлений, является использование отходов покрышек в области дорожного строительства в качестве компонента битумных вяжущих или компонента асфальтобетонной смеси непосредственно. В целях сужения области исследований, в качестве исследуемого материала была определена резиновая крошка.

Резиновая крошка может быть получена в ходе технологии переработки автомобильных покрышек. На данный момент, наиболее распространённым и технологичным является механический способ переработки покрышек.

Механический способ заключается в измельчении покрышки за счёт нарезки гидравлическими ножами или продавливания через фильерные отверстия. Операция может происходить как при нормальных условиях, так и в условиях пониженных температур. Дальнейшие операции предусматривают удаление металлического корда при помощи мощных

электромагнитов. Тканый корд может быть извлечён за счёт продувки, промывки или воздушной сепарации в установках циклонного типа.

Полученные частицы резины дополнительно измельчаются при необходимости, до величин порядка 0,1 мм и рассеиваются по фракциям на системе вибросит.

Асфальтобетонная смесь с применением резиновой крошки обладает высокими технико-эксплуатационными характеристиками, что представлено в таблице 1 [3].

Таблица 1. Результаты независимых испытаний модифицированной асфальтобетонной смеси с применением резиновой крошки [3]

Образец	Водонасыщение, %	Предел прочности при сжатии, МПа			Коэффициент водостойкости
		R ₅₀	R ₂₀	R ₀	
АБ с РК	1,21	1,41	3,12	9,2	0,90
АБ по ГОСТ 9128- 2013	1,5-4	1,0	2,2	Не более 12	0,85

Как показали исследования, резиновая крошка улучшает физико-механические свойства ЦМА, повышает качество дорожных покрытий, а также способствует повышению их сроков службы и долговечности, тем самым уменьшая затраты на содержание и ремонт автомобильной дороги и улучшает экологическую обстановку. Кроме того, введение резиновой крошки в состав ЦМА повышает коэффициент сцепления автомобильных шин с покрытием дороги, а также снижает уровень шума, позволяет сократить расходы на устройство шумопоглощающих барьеров [3].

Настоящим исследованием была поставлена цель – исследование особенностей испытаний модифицированной асфальтобетонной смеси с использованием резиновой крошки по государственным стандартам Российской Федерации, предъявляемым к асфальтобетонным смесям.

В качестве объекта исследования была выбрана асфальтобетонная смесь А11НН по ГОСТ Р 58406.2-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия».

В качестве нормативно-правовой основы, решено использовать два государственных стандарта: ГОСТ Р 9128-2013 и ГОСТ Р 12801-98.

Существует два способа использования резиновой крошки при приготовлении асфальтобетонной смеси. Первый способ заключается в использовании резино-битумных вяжущих – «мокрый» способ. Этот способ наиболее затратный, он требует специального оборудования для модифика-

ции битума резиновой крошкой, который затем вводится в асфальтосмесительную установку. Приготовление резино-битумных вяжущих осуществляется в реакционных котлах при температурах от 190 °С до 226 °С в течение 45 минут. Вторым способом является введение резиновой крошки непосредственно во время приготовления асфальтобетонной смеси в смеситель – «сухой» способ. Он менее затратный, так как в качестве дополнительного оборудования требуется только дозатор, который может обеспечить точность дозирования $\pm 5\%$. Резиновая крошка вводится в не нагретом состоянии к минеральным материалам, в процессе перемешивания нагревается, далее подается битум, и асфальтобетонная смесь перемешивается.

Для достижения поставленной цели исследования были определены следующие задачи:

- 1) изучить научную литературу, патентный опыт и нормативную базу по тематике работы;
- 2) запроектировать асфальтобетонную смесь в соответствии с государственными стандартами Российской Федерации предъявляемым к асфальтобетонным смесям;
- 3) произвести экспериментальное исследование технологии «сухой» модификации асфальтобетонной смеси резиновой крошкой;
- 4) произвести оценку результатов применения конкретного сырьевого компонента – резиновой крошки размером 1-2 мм производства ОАО «ЯШРЗ» г. Ярославль.

Проведённый анализ патентной базы и литературных источников, позволяет утверждать, что модификация асфальтобетонных дорожных покрытий резиновой крошкой позволяет улучшать технико-эксплуатационные свойства асфальтобетона. В научно-патентной базе по вопросу добавления резиновой крошки конкретно в данный вид асфальтобетонных смесей наименьший объём информации. Отсутствуют подробности о сырьевых компонентах и технологии проведения модификации.

В целях установления эффективности модификации, за основу был принят способ, описанный в Патенте РФ № 2365553 [4], как наиболее удобный с точки зрения технологического оснащения существующей в распоряжении лаборатории.

Способ подразумевает использование «сухого» метода введения резиновой крошки, однако гранулометрические характеристики резиновой крошки в ходе настоящего эксперимента намерено изменены под имеющееся в наличии сырьё.

В качестве дополнительного этапа исследования предусмотрены мероприятия по изучению влияния добавления газовой серы в качестве адгезионной присадки, снижающей процентное содержание битума в

смеси. В противном случае добавление резиновой крошки требует дополнительного введения битума, относительно базового значения, характерного для традиционных асфальтобетонных смесей, что является негативным фактором, увеличивающим её себестоимость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апонасенко, А.А.* Изучение деформационных свойств асфальтобетонов модифицированных резиновой крошкой / А.А. Апонасенко, А.В. Масалов // Управление социально-экономическими системами: теория, методология, практика : сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 частях, Пенза, 15 июня 2017 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. С. 66-69. EDN YSOPRL.
2. Утилизатор. Сколько разлагается резина. URL: <https://utilizator.club/klassy/skolko-razlagaetsia-rezina-plastik-steclo>
3. Хафизов, Э.Р. Повышение качества дорожных покрытий путем введения в щебеночно-мастичную асфальтобетонную смесь добавок резиновой крошки / Э.Р. Хафизов, Д.Ю. Семенов // Известия КазГАСУ. 2017. №2 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestva-dorozhnyh-pokrytiy-putem-vvedeniya-v-schebenochno-mastichnuyu-asfaltobetonnyuyu-smes-dobavok-rezinovoy-kroshki>.
4. Пат. 2365553 Российская Федерация. Асфальтобетон, содержащий механоактивированную резиновую крошку / Прокопец В.С., Иванова Т.Л. Опубл. 27.08.2009.

ИСПЫТАНИЯ ПО МОДИФИКАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА РЕЗИНОВОЙ КРОШКОЙ

А.Т. Сорокин, Д.В. Герасимов

Научный руководитель – **Д.В. Герасимов**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье описываются материалы исследования технологии производства модифицированной асфальтобетонной смеси. Основной целью исследования является – апробация и исследование технологии модификации асфальтобетонной смеси с использованием резиносодержащих отходов по методике государственных стандартов Российской Федерации предъявляемым к асфальтобетонным смесям.

Ключевые слова: резиновая крошка, отходы, утилизация отходов, асфальтобетон

ASPHALT CONCRETE MODIFICATION TESTS RUBBER CRUMB

A.T. Sorokin, D.V. Gerasimov

Scientific Supervisor – **D.V. Gerasimov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article describes the materials of the research of the technology of production of modified asphalt concrete mixture. The main purpose of the study is to test and study the technology of modification of asphalt concrete mixture using rubber-containing waste according to the methodology of the state standards of the Russian Federation for asphalt concrete mixtures

Keywords: crumb rubber, waste, waste disposal, asphalt concrete

В ходе исследования, была выдвинута гипотеза о необходимости проведения лабораторных испытаний «сухого» метода модификации асфальтобетонной смеси резиновой крошкой, с целью получения реального эмпирического опыта и апробации технологии.

Асфальтобетонная смесь запроектирована и изготовления в лаборатории ГКУ «Ярдорслужба» в соответствии с ГОСТ Р 58406.2-2020 [1] и охарактеризована как А11НН.

В ходе эксперимента использовался переформованный образец асфальтобетона (пласт).

Изготовлено две партии образцов по 9 образцов в каждой партии:

КП – контрольная партия образцов асфальтобетонной смеси А11НН, без изменения рецептуры;

А11НН-РК – смесь А11НН с добавлением 2 % по массе асфальтобетонной смеси резиновой крошки фракции 1-2 мм производства ОАО «ЯШРЗ» г. Ярославль.

За контролируемые показатели, определяющие эффект от вариации параметров, были определены следующие технико-эксплуатационные показатели, нормируемые ГОСТ 9128-2013 [2], определённые согласно ГОСТ 12801-98 [3]:

- 1) предел прочности при сжатии при 20 °С;
- 2) показатель водонасыщения;
- 3) коэффициент водостойкости;
- 4) коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении.

Согласно ГОСТ 9128-2013 смесь А11НН охарактеризована как горячая мелкозернистая плотная смесь типа Б, марки П (П д.к.з.).

Итоговые результаты партии КП и А11НН-РК представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1. Предел прочности при сжатии при 20 °С

Маркировка	Номер образца	Сопrotивление сжатию R_{20} , МПа	Сопrotивление сжатию среднее R_{cp} , МПа	ГОСТ 9128-2013
Сухих образцов				
КП	7	6,03	6,11	2,5
	8	6,69		
	9	5,60		
А11НН-РК	7	1,08	1,31	2,5
	8	1,31		
	9	1,54		
Водонасыщенных образцов				
КП	1	5,80	5,88	2,5
	3	5,77		
	5	6,07		
А11НН-РК	1	1,03	1,27	2,5
	3	1,5		
	5	1,28		
Водонасыщенных образцов (15 сут)				
КП	2	5,6	5,59	2,5

А11НН-РК	4	5,71	1,08	2,5
	6	5,46		
	2	1,04		
	4	1,04		
	6	1,17		

Таблица 2. Результаты испытаний по определению водонасыщения

Маркировка	Номер образца	Водонасыщение образцов W , %	Водонасыщение среднее $W_{\text{ср}}$, МПа	ГОСТ 9128-2013
КП	1	4,03	4,17	2-5
	2	4,46		
	3	4,18		
	4	4,03		
	5	3,99		
	6	4,35		
А11НН-РК	1	12,2	12,36	2-5
	2	12,5		
	3	12,76		
	4	11,73		
	5	12,47		
	6	12,5		

Таблица 3. Результаты испытаний по определению коэффициента водостойкости

Маркировка	Номер образца	Коэффициент водостойкости $K_{\text{в}}$	Средний коэф. водостойкости $K_{\text{в}}^{\text{ср}}$	ГОСТ 9128-2013
При коротком цикле водонасыщения				
КП	1	0,95	0,96	0,95
	3	0,94		
	5	0,99		
А11НН-РК	1	1,47	0,97	0,95
	3	2,14		
	5	1,83		
При длительном водонасыщении				
КП	2	0,92	0,91	0,90
	4	0,93		
	6	0,89		
А11НН-РК	2	1,5	0,83	0,90
	4	1,5		
	6	1,67		

Таким образом, можно сделать вывод о том, что добавление резиновой крошки в асфальтобетон приводит к ухудшению показателей прочности в 5 раз и водонасыщения в 3 раза по сравнению с контрольной партией, показатель коэффициента водостойкости при коротком и длительном водонасыщении остались на прежнем уровне.

Возможно, выдвинуть гипотезу, о несоответствии гранулометрического состава (размера максимальной номинальной фракции) используемой в ходе эксперимента резиновой крошки. Высокая крупность крошки, приводит к эффекту демпфирования, для нивелирования которого необходимо увеличивать процентное содержание битумного вяжущего, что как следствие, ухудшает показатели водонасыщения и предела прочности при сжатии.

Допустимо предположить, что требуется введение адгезионных модифицирующих присадок, обеспечивающих более высокий уровень адгезии, изменение физико-механических характеристик битумного вяжущего (снижение температуры размягчения, повышения механической вязкости в установленном диапазоне температур) и как следствие приводящих к экономии битумного вяжущего. В роли подобной присадки наиболее целесообразным является использование газовой серы, как наиболее доступного вещества из числа промышленных побочных отходов, образующего химические ковалентные связи в структуре битума и на границе раздела реакционной поверхности битум/резиновая крошка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 58406.2-2020 "Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон". М.: Стандартинформ, 2020. 53 с.
2. ГОСТ 9128-2013. Межгосударственный стандарт. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 50 с.
3. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний: дата введения 1999-01-01. М.: Госстрой России: ГП ЦПК, 1999. 63 с.

**ИСПЫТАНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОЙ
АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ
ПО ОБНОВЛЕННОЙ МЕТОДИКЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ
СТАНДАРТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫМ К АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ СМЕСЯМ**

Т.А. Третьяков, Н.А Михайлов, Д.В. Герасимов

Научный руководитель – **Д.В. Герасимов**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье описываются материалы исследования гранулированной асфальтобетонной смеси. Основной целью исследования является - исследование особенностей испытаний гранулированной асфальтобетонной смеси с использованием промышленных и бытовых отходов по обновлённой методике государственных стандартов Российской Федерации предъявляемым к асфальтобетонным смесям.

***Ключевые слова:** полиэтилентерефталат, отходы, утилизация отходов, битум, асфальтобетон, методика Маршалла*

**TESTS OF GRANULAR ASPHALT CONCRETE MIX
USING INDUSTRIAL AND HOUSEHOLD WASTE
ACCORDING TO THE UPDATED METHODOLOGY
OF THE STATE STANDARDS,
OF THE RUSSIAN FEDERATION
REQUIREMENTS FOR ASPHALT CONCRETE MIXTURES**

T.A. Tretyakov, N.A. Mikhailov, D.V. Gerasimov

Scientific Supervisor – **D.V. Gerasimov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article describes the materials of the study of granular asphalt concrete mixture. The main purpose of the study is to study the features of testing granular asphalt concrete mixture with the use of industrial and household waste according to the

updated methodology of the state standards of the Russian Federation for asphalt concrete mixtures.

Keywords: *polyethylene terephthalate, waste, waste disposal, bitumen, asphalt concrete, Marshall 's methodology*

Исследуемая асфальтобетонная смесь была охарактеризована как А8ВЛ в соответствии с ГОСТ Р 58406.2- 2020 [1]. Поскольку является мелкозернистой смесью для проведения ямочного ремонта мелкими картами, с облегчённой технологией проведения работ. Следует отметить, что по показателям гранулометрического состава, гранулированная асфальтобетонная смесь с применением промышленных и бытовых отходов (ГАБС-ПБ) прямого аналога по новой классификации не имеет.

Одной из задач настоящего исследования являлось – предложить и апробировать способы улучшения уплотнения гранулированной асфальтобетонной смеси по ГОСТ Р 58406.9-2019 [2].

Наиболее сложным аспектом данной задачи являлось необходимость решения поставленной задачи любыми способами, за исключением прямого изменения состава гранулированной асфальтобетонной смеси с применением промышленных и бытовых отходов. Допускалось лишь изменение технологических режимов уплотнения, либо добавление подготовительных операций, предшествующих циклу уплотнения исследуемого материала.

В качестве приоритетных были определены следующие способы:

1) Термическая подготовка в термошкафу. В ходе проведения работ по ямочному ремонту картами предусматривающая разогрев смеси инфракрасной или жидкотопливной горелкой. В качестве предполагаемой градации температур (на основании предварительных экспериментов) определены два интервала: 90 и 130 °С – соответствующие нижней и верхней границам уплотнения гранулированной асфальтобетонной смеси, полученные основываясь на визуальные признаки качества уплотнения.

2) Химическая активация поверхности гранул смеси или добавление вяжущих веществ. В ходе проведения работ по ямочному ремонту картами предусматривающая обработку гранул из пульверизатора или окатывание гранулированной смеси в ручном грануляторе в присутствии легколетучего органического вещества или органического вяжущего – праймеров. В качестве предполагаемых праймеров определены: смесь бензина АИ92 и БНД 90/130 в пропорции 1:1, и медленнораспадающаяся эмульсия ЭБК-3. Содержание праймера ограничено не более 1,5 % по массе гранулированной асфальтобетонной смеси (на основании предварительных экспериментов).

Таким образом, в ходе эксперимента определена следующая маркировка образцов:

I – ГАБС-ПБ с температурой уплотнения 90 °С;

II – ГАБС-ПБ с температурой уплотнения 130 °С;

III – ГАБС-ПБ обработанная праймером АИ92 с БНД 90/130 (1:1) (1 % по массе).

IV – ГАБС-ПБ обработанная праймером ЭБК-3 (1,5 % по мас.).

Для приготовления образцов использовалась сборная форма для уплотнения преждевременно нагретая до температуры 90 °С и 130 °С соответственно, в зависимости от этапа эксперимента. В приготовленную форму засыпалась навеска асфальтобетонной смеси массой 1150 г, определенная за счет проведения ряда предварительных опытов. После чего смесь штыкуется, и сборная форма вместе со смесью устанавливается на стойку уплотнителя. Уплотнение проводится 50 ударами уплотнительного молота, сборная форма переворачивается и повторяется процедура уплотнения с идентичным количеством ударов молота. Высота образца диаметром 101,6 мм должна быть $(63,5 \pm 2,5)$ мм. Уплотненные образцы охлаждаются при температуре (22 ± 3) °С в течение не менее 16 часов.

В соответствии с ГОСТ Р 58406.8-2019 [3] и ГОСТ Р 58401.18-2019 [4] были проведены испытания на определение сопротивления пластическому течению по методу Маршалла и определение водостойкости и адгезионных свойств образцов.

Для подготовки к испытанию на определение сопротивления пластическому течению брали три образца из каждой партии смеси и термостатировали при температуре (60 ± 1) °С в течение (35 ± 5) мин.

После термостатирования образцы извлекались и устанавливались на обжимное устройство. Испытуемые образцы нагружались со скоростью $(50,0 \pm 1,0)$ мм/мин до достижения максимальной нагрузки. Фиксировалась максимальная нагрузка F , Н и деформация L , мм. Сопротивление пластическому течению T , Н/мм определялась, как отношение среднего значения разрушающей нагрузки к среднему значению деформации образцов.

Оставшиеся после охлаждения образцы разделены на две группы.

Образцы из первой группы выдерживались на воздухе при температуре (22 ± 3) °С в течение не менее 24 часов. Образцы второй группы подвергались неполному водонасыщению и циклу «замораживание-оттаивание»: водонасыщенные образцы заматывались в пластиковую стрэтч-пленку, помещались в герметичные полиэтиленовые пакеты с добавлением в пакет $(10,0 \pm 0,5)$ мл воды, плотно закрывались и помещают в морозильную камеру при температуре от минус 15 °С до минус 21 °С на время не менее 16 часов.

По истечении заданного времени образцы из первой группы помещались в герметичные пакеты и вместе с образцами из второй группы, без стрэтч пленки и пакетов, помещались в водяную ванну при температуре $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ на (120 ± 10) мин.

После термостатирования образцов в водяной ванне подвергались нагрузке прессом с использованием нагрузочных пластин ИНР-101, фиксируя максимальную нагрузку при сжатии каждого образца, продолжая нагружение до полного разрушения на две части.

Коэффициент водостойкости рассчитывался, исходя из полученных расчетом значений пределов прочности, как отношение среднеарифметических пределов прочности при непрямом растяжении между второй и первой группами образцов.

Итоговые результаты испытаний образцов партии I и II представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний образцов ГАБС-ПБ (I и II)

$N_{\text{исп}}$	$T, \text{H/мм}$	F, H		$L, \text{мм}$		TSR	Требования ГОСТ Р 58406.2 – 2020
	-	-		-		0,32	$\geq 0,85$
$II_{2,4,6}$	-	-		-		0,86	$\geq 0,85$
I_7	2715,94	9520	$F_{I,\text{ср}}$ 9370	3,65	$L_{I,\text{ср}}$ 3,45	-	Для F: ≥ 4150 Для L: от 2 до 4,5
I_8		10110		3,59			
I_9		8480		3,11			
II_7	3572,16	13690	$F_{II,\text{ср}}$ 11717	3,17	$L_{II,\text{ср}}$ 3,28	-	
II_8		9990		3,19			
II_9		11470		3,48			

Итоговые результаты испытаний образцов партии III и IV представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний образцов ГАБС-ПБ (III и IV)

$N_{\text{исп}}$	T , Н/мм	F , Н		L , мм		TSR	Требования ГОСТ Р 58406.2 – 2020
	-	-		-		0,7	
$IV_{2,4,8}$	-	-		-		0,48	
III_7	1726,66	1830	$F_{III, \text{cp}}$ 1727	3,17	$L_{III, \text{cp}}$ 3,17	-	Для F : ≥ 4150 Для L : от 2 до 4,5
III_8		1790		3,19			
III_9		1560		3,16			
IV_7	3486,66	3450	$F_{IV, \text{cp}}$ 3487	3,98	$L_{IV, \text{cp}}$ 3,70	-	
IV_8		2910		3,41			
IV_9		4100		3,72			

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1) наиболее приемлемая температура уплотнения ГАБС-ПБ по методу Маршалла из указанного диапазона составляет – 130 °С. Структура смеси менее пористая, обеспечивающая более высокую площадь контакта гранул, что и обуславливает значительно более высокие характеристики;

2) применение праймера на основе АИ92 и БНД 90/130 (1:1) (1 % по массе) вполне оправдано, однако требуется дальнейшее изучение процентного содержания праймера и соотношений АИ92 к БНД 90/130, или применение прочих марок битума БНД;

3) применение праймера на основе ЭБК-3 нецелесообразно. Образцы имеют крайне низкие технико-эксплуатационные характеристики, ввиду наличия лишь смачивающего эффекта, обеспечивающего скольжение гранул друг относительно друга; размягчения оболочек гранул не зафиксировано, в следствии чего невозможно обеспечить условия растекания оболочек гранул и как следствие уплотнения смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 58406.2-2020 "Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон". М.: "Стандартинформ", 2020. 53 с.
2. ГОСТ Р 58406.9-2019 "Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод приготовления образцов уплотнителем Маршалла".
3. ГОСТ Р 58406.8-2019 "Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Определение сопротивления пластическому течению по методу Маршалла".
4. ГОСТ Р 58401.18-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения водостойкости и адгезионных свойств. М.: Стандартинформ, 2019. 7 с.

ОБЪЕМНЫЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

А.Д. Уличев, А.Д. Магазинюк, Е.С. Буданова

Научный руководитель – **Е.С. Буданова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье производится исследования предпосылки развития технологии объемного проектирования рецептур асфальтобетонных смесей. Дается обзор системы Superpave, и выполнен сравнительный анализ традиционных технологий проектирования и испытания асфальтобетонных смесей с инновационной.

Ключевые слова: автомобильная дорога, асфальтобетон, асфальтобетонная смесь, дорожные одежды, битумные вяжущие, битум, Superpave

VOLUMETRIC METHOD OF ASPHALT PAVEMENT DESIGN

A.D. Ulichev, A.D. Magazinyuk, E.S. Budanova

Scientific Supervisor – **E.S. Budanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article studies the prerequisites for the development of volumetric design technology of asphalt concrete mixtures formulations. A review of the Superpave system is given, and a comparative analysis of traditional technologies for designing and testing asphalt mixtures with an innovative one is performed.

Keywords: road, asphalt concrete, asphalt concrete mixture, roadways, bitumen binders, bitumen, Superpave

В России на дорогах с повышенной интенсивностью активно внедряется комплексная технология изготовления асфальтобетона Superpave – новейшая система проектирования состава смеси. Данная технология направлена на создание асфальтобетонных покрытий более устойчивых к растрескиванию из-за низких температур, стойких к деформации и устойчивому разрушению. Основной особенностью метода является прогнозирование состояния дорожного покрытия (глубины колеи, усталостных трещин и низкотемпературных сеток) во времени с учетом влияния

внешних факторов данного региона (температуры, влажности), перспективной интенсивности движения. Поэтому первым шагом в процессе проектирования смеси является сбор информации об окружающей среде и ожидаемые трафиковые нагрузки.

В 1980-1990 годах в Америке самыми популярными считались методы Маршалла и метод Хвима. Более 50 лет с некоторыми изменениями они использовались при обустройстве дорог в разных штатах. Эти методы были направлены на предотвращение образования колеености, но совершенно не затрагивали проблему образования усталостного растрескивания, низкотемпературного трещинообразования, морозоустойчивости покрытий. В конце 80-х пришло понимание, что в реалиях настоящего времени (интенсивность движения увеличилась в десятки раз), соответственно устаревшим методам требовалась срочная замена.

Метод объемного проектирования Supergrape разрабатывался членами специально созданной американской дорожной исследовательской программы SHRP (Strategic Highway Research Program) с целью увеличения срока службы и повышения эксплуатационных характеристик дорожных одежд и мостовых сооружений. Основные положения методологии были разработаны в США в 1987-1993 годах с привлечением ведущих мировых специалистов в этой области [1].

Система Supergrape применима к плотным горячим асфальтобетонным смесям для слоев оснований и покрытий, направленная на решение таких проблем, как: пластические деформации (колеобразование); усталостные трещинообразования; низкотемпературные трещинообразования.

Данная система состоит из трех уровней:

1. Первый уровень

Данный уровень предусматривает проектирование асфальтобетонных смесей, основанное на определении количества воздушных пустот в смеси, количества пустот в минеральном заполнителе и пустот, заполненных битумом. Применяется на большинстве автомобильных дорог;

2. Второй уровень

Он применяется для участков автомобильных дорог с высокой грузонапряженностью. Проектирование на этом уровне включает в себя проектирование первого уровня и дополнительные испытания асфальтобетона с целью определения и прогнозирования эксплуатационных характеристик асфальтобетона, например, определение деформации сдвига асфальтобетона (SST) по AASHTO T320 (остаточная деформация) и определение прочности на растяжение и жесткости асфальтобетона (IDT) по AASHTO T322 (низкотемпературное трещинообразование).

3. Третий уровень

Этот уровень выбирается для покрытий автомобильных дорог с весьма высокой транспортной нагрузкой и в суровых климатических условиях при новом строительстве. Он включает в себя проектирование на обоих уровнях, представленных выше. Отличается от второго уровня лишь более широким диапазоном температур и нагрузок.

Основные нормативные документы, необходимые для проектирования по методологии Supergrave:

- AASHTO M323 – требования к объемному проектированию асфальтобетонной смеси для покрытия с наилучшими эксплуатационными характеристиками;

- AASHTO M320 – требования к битумному вяжущему с учетом климатических условий в районе строительства объекта и нагрузок от прогнозируемого трафика;

- AASHTO R35 – методика объемного проектирования асфальтобетонной смеси, основанная на значениях остаточной пористости асфальтобетона, пустот в минеральной части смеси и пустот, заполненных битумом [2].

На сегодняшний день технология Supergrave является одной из самых передовых в мире. В ее основе лежит метод Маршалла, но используется совершенно другой принцип уплотнения смеси. Это дает возможность в лаборатории моделировать эксплуатационные характеристики дорожного покрытия. Система также включает набор современных методов испытаний, которые позволяют осуществлять оценку свойств вяжущего и асфальтобетона с учетом заданных условий эксплуатации.

Лабораторные испытания вяжущего при помощи специального оборудования происходят в трех его состояниях: в исходном, после краткосрочного старения и после длительного. На основании результатов испытаний определяется марка битумного вяжущего. Она должна соответствовать температурным условиям в зоне эксплуатации дороги и подбираться на основании расчетов максимальной и минимальной температурной границы. Также вяжущие подбираются в зависимости от интенсивности движения, одна марка применяется для дорог с низкой интенсивностью движения, другая для дорог с высоким трафиком. Испытания проводятся из расчета всего срока службы покрытия, с учетом того, что вяжущее стареет и ежегодно меняет свои свойства. Классификация PG позволяет подобрать именно тот битум, который нужен для конкретного участка дороги [3].

Более 60 % федеральных и региональных дорог в России не соответствуют существующим нормам по качеству. При этом затраты на возведение трасс постоянно растут, а российские дороги стареют быстрее, чем их успевают ремонтировать. Дорожное полотно разрушается под воздействием многих факторов: влияние атмосферных осадков; воздей-

ствии температурных перепадов; интенсивное движение автотранспорта [5].

Новая технология Superpave, давно доказавшая свою эффективность в западных странах, позволяет существенно снизить темпы разрушения. С 2016 года представители дорожной отрасли РФ тестируют эту технологию на постоянной основе. После успешного внедрения данной технологии на 100 участках Северо-Западного федерального округа 31 мая 2019 года был утвержден соответствующий ГОСТ Р 58401.1-2019.

Но, стоит отметить, что система Superpave не полностью пригодна для применения в России, так как она не адаптирована под условия эксплуатации в регионах РФ. Но Росавтодор уже сейчас разрабатывает системы проектирования составов на основе «Суперпейв», которые помогают решить такие проблемы, как: уменьшение ремонтных предприятий; сокращение затрат на прокладывание дорог; замена устаревших технических условий автодорожного покрытия; разработка единого состава асфальтобетонных смесей для каждой климатической зоны РФ [5].

В результате аналитических исследований можно сделать следующие выводы:

1) метод Superpave является лучшим в вопросах надежности и экономии для решения различных дорожно-строительных задач.

2) в этом методе появилась очень удобная классификация PG, которая позволяет подобрать именно тот битум, который нужен для конкретного участка дороги на основе анализа двух температур, соответствующих минимальной и максимальной к расчетным температурам асфальтобетона в рассматриваемом регионе строительства.

3) превосходство Superpave состоит в том, что при методе Маршалла смесь уплотняется прессом всего один раз, но фактически укладка асфальтобетона должна происходить с чередованием циклов нагрузки, так на практике при строительстве дорожной одежды сначала смесь уплотняет легкий каток, за ним идёт средний и уже в последнюю очередь тяжелый, конкретно такой режим уплотнения можно получить в лабораторных условиях применяя методологию Superpave.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Idk24. Суперпейв (Superpave технология). URL: <https://idk24.ru/articles/superpave>;
2. РосАвтоДор. Об особенностях проектирования асфальтобетонных смесей по методологии «Superpave» и возможности прогнозирования работоспособности асфальтобетона в верхних слоях дорожной одежды. URL: https://nto.rosavtodor.ru/docs/fulltext/2015/%D0%93%D0%97%20%E2%84%96%201%2024.06.2015/%D0%98_644.1/2.pdf;

3. МСет. Суперпейв (Superpave): методология для создания идеальных дорог. URL: <https://mcet.com.ua/ru/ispytanie-asfaltobetonnyh-smesej-superpejv-rezultaty-kotoryh-ozhidali>;
4. Национальные ресурсы. Строительство дорог по технологии Суперпейв. URL: <https://cemdor.ru/lab/superpave.html>;
5. Rusalmix. Проектирование асфальтобетонных покрытий по методу superpave. URL: <https://www.rusalmix.ru/superpave>.

**К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ПЕРЕРАБОТАННЫХ
ПОКРЫШЕК В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА
МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ
ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

М.Е. Харин, Д.В. Герасимов

Научный руководитель – **Д.В. Герасимов**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье описывается история создания резины, эволюция шинопроизводства и методы переработки резиносодержащих материалов и дальнейшее их применение в разных сферах народного хозяйства и промышленности, в частности – в области производства модифицированных битумных вяжущих для дорожного строительства.

***Ключевые слова:** резина, отходы, утилизация отходов, переработка резины, битум, история шин*

**ON THE ISSUE OF THE USE OF RECYCLED TIRES
IN THE PRODUCTION OF MODIFIED BITUMEN BINDERS
FOR ROAD CONSTRUCTION**

M.E. Kharin, D.V. Gerasimov

Scientific Supervisor – **D.V. Gerasimov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article describes the history of the creation of rubber, the evolution of tire production and methods of processing rubber-containing materials and their further application in various spheres of the national economy and industry, in particular in the production of modified bitumen binders for road construction.

***Keywords:** rubber, waste, waste disposal, rubber recycling, bitumen, tire histor*

Ровное дорожное полотно, без дефектов и деформаций – главный показатель для владельца автомобиля. Каждый автолюбитель заботится о своей машине по-своему, но передвигаться по ровной дороге хочет каждый. На протяжении тысячелетий дорога претерпевала ряд изменений в

своей конструкции. Самые первые дороги с капитальным покрытием начала возводить Римская Империя, это было в далёких 220 годах до н.э. и до сих пор автомобильную дорогу совершенствуют и стараются повысить её надёжность [1]. Время идёт, количество автомобилей неуклонно растёт. Появляются новые проблемы в конструкции дорожного полотна, т.к. она не выдерживает нагрузок современных транспортных средств. Таким образом круг замыкается. Протяжённость дорог возрастает, но сырьевые материалы ограничены и приходится искать альтернативу.

С появлением первого автомобиля остро встал вопрос мягкости хода и комфортности поездки, поскольку изначально использовались традиционные на тот момент деревянные каретные колёса, обитые металлом. Около 10 лет автомобили эксплуатировали на данных колёсах, до тех пор, пока Роберт Уильям Томпсон не придумал пневматическую шину. Он получил патент за свою разработку. Его шина состояла из пологого резинового ремня, в котором присутствовал воздух, обитого сверху кожаным чехлом. Данное изобретение стало возможным благодаря Чарльзу Гудьiru – именно это человек положил начало в использовании резины в автомобилестроении. Он первый произвёл вулканизацию каучука, т.е. резину, которую в дальнейшем натянут на обод колеса и передвигаться на таком колесе станет приятнее, меньше поломок, ударные нагрузки от дороги на колеса минимизировались [2].

Годы шли, технологии, конструкции автомобилей, скорости, габариты – всё менялось с каждым годом. Уже через 100 лет, покрышка начала иметь внешний вид, который мы видим сегодня. В дальнейшем инженеры уходили от камерных покрышек к бескамерным, увеличивая толщину бортов шины, для наилучшей устойчивости конструкции покрышки. Сегодня человечество пытается создать безвоздушные автопокрышки, что весьма неплохо получается.

Именно благодаря технологическому прогрессу (развитие автомобилестроения), сейчас стоит большая проблема утилизации резины, т.к. с ростом автомобилей растёт и количество изношенных покрышек. Поэтому возникает вопрос об правильной утилизации резины. Сжигание резины приводит к выбросу токсичных химикатов в атмосферу, а захоронение резины, приводит к загрязнению почвы и грунтовых вод. Именно поэтому человек начал задумываться о повторной переработке сырья в разных сферах. Например, изготовление подошв обуви или изготовление шлангов и прочих резиновых изделий из вторично переработанной резины. На сегодняшний день существует много организаций, которые занимаются переработкой резиновой продукции, а именно дроблением резины.

Дроблённую резиновую крошку можно получить несколькими способами:

1. Ударно-волновой способ [3]

Данная технология утилизации резиносодержащих отходов основывается на замораживании шин до минус 80 градусов Цельсия. Происходит этот процесс в криогенной камере, после чего резину дробят ударной волной в бронеканере. Волну вырабатывают за счёт взрывчатых веществ или генерируют электронным способом. На выходе получается смесь резины, стального и текстильного корда. После смесь проходит через систему сепараторов, где происходит отделение от металлических отходов.

Главные показатели данного метода:

- можно утилизировать автопокрышки диаметром до 4 м, в свою очередь, наиболее распространённый механический способ предусмотрен для переработки шин диаметром не более 1,2 м;
- данным методом можно получать мелкодисперсную резиновую крошку с размерами частиц до 0,1 мм;
- коэффициент ремонтосодержания – 0 %;
- небольшой расход электроэнергии.

Самый большой минус данного способа переработки резиносодержащих отходов, из-за которого маленькие компании не могут позволить воспользоваться данным методом – это дорогостоящее оборудование. Тем не менее этот метод сравнительно молодой, поэтому, есть все предпосылки, что способ будет только развиваться и модернизироваться.

2. Механический способ [4]

Это классический способ переработки автопокрышек в резиновую крошку. Существует несколько методов данного способа:

1) озонная технология переработки – дробление происходит при комнатной температуре с помощью озона.

2) криогенный метод – как и с ударно-волновым способом, резину замораживают до низких температур и затем пропускается через шредерную установку.

3) бародеструкционный метод – суть метода в том, что уже нарезанные куски резины раздавливаются под воздействием мощного гидравлического пресса, проходят через отверстия диаметром от 20 до 80 мм и затем измельчаются.

Механический способ самый распространённый и не требует дорогостоящего оборудования, поэтому им пользуется большинство компаний.

Для разделения резиновой крошки от стального корда используют систему сепараторов. Сепаратор представляет из себя мощный электромагнит, который вытягивает из массы сырья металлические отходы и отправляет их в приёмный бункер. Для разделения крошки по фракциям используют вибросито, оно состоит из стола с отверстиями, соответст-

вующими отделяемой фракции крошки, и механизма, обеспечивающего вибрацию стола с определённой частотой.

Сфера дорожного строительства не прошла мимо такой замечательной добавки в асфальтобетонную смесь, как резиновая крошка. Первое смешивание резиновой крошки с асфальтобетоном датируется началом XX века в США. Именно после данного опыта человек начал пробовать, использовать резиновую крошку как стабилизатор в асфальтобетонную смесь и нефтяной дорожный битум. До сих пор ищут золотую середину процентного соотношения резиновой крошки, чтобы использовать максимальное количество полезных структурообразующих свойств резины.

Применение резиновой крошки в нефтяной дорожный битум в качестве модификатора достаточно распространённая тематика, на которую написаны огромное количество публикаций и патентов, подобных как [5].

Все вышеперечисленные публикации объединяет одна единственная задача, повышение технико-эксплуатационных характеристик асфальтобетонной смеси, путём добавления асфальтную крошку в саму смесь непосредственно или же в битумное вяжущее. Большая часть публикаций и патентов по существу данной тематики обладает рядом недостатков, а именно:

- отсутствие конкретных параметров о используемом сырье;
- ограниченность показателей, по которым определяется результативность модификации битума резиновой крошкой;
- отсутствие технологических параметров процесса модификации.

Всё это ведёт к единственному выводу – для дальнейшего изучения данного вопроса и получения эмпирического опыта, необходимо поставить эксперимент. Что наглядно позволит оценить состоятельность или несостоятельность рассматриваемой в исследовании технологии для конкретного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные автомобильные материалы и технологии // САМИТ. 2019. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41205192_64051034.pdf.
2. ISBN 978-5-9908865-9-9 // История создание автомобильных шин. 2016. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_27363559_13777596.pdf.
3. *Тарасова, Т.Ф.* Экологическое значение и решение проблем переработки изношенных автошин / Т.Ф. Тарасова, Д.И. Чапалда // Вестник ОГУ. 2006. № 2. Т. 2. С.130-135.
4. *Дождев, Е.Н.* Переработка автомобильных покрышек в резиновую крошку / Е.Н. Дождев, А.Г. Салтанов. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46019801_22529580.pdf
5. Влияние дроблённой резиновой крошки на свойства битума и асфальтобетона // Вестник ХНАДУ. 2017. вып. 79. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-droblennoy-rezinovoy-kroshki-na-svoystva-bituma-i-asfaltobetona/viewer>

ИСПЫТАНИЯ ПО МОДИФИКАЦИИ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО РЕЗИНОВОЙ КРОШКОЙ

М.Е. Харин, Д.В. Герасимов

Научный руководитель – **Д.В. Герасимов**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье описываются материалы исследования технологии производства, модифицированного битумного вяжущего. Основной целью исследования является – апробация и исследование технологии модификации битумного вяжущего с использованием резиносодержащих отходов по методике государственных стандартов Российской Федерации предъявляемым к битумным вяжущим.

Ключевые слова: резиновая крошка, отходы, утилизация отходов, битум, битумное вяжущее, метод «Кольцо и Шар», индекс пенетрации

TESTS FOR MODIFICATION OF BITUMEN BINDER RUBBER CRUMB

M.E. Kharin, D.V. Gerasimov

Scientific Supervisor – **D.V. Gerasimov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article describes the materials of research on the production technology of modified bitumen binder. The main purpose of the study is to test and study the technology of modification of bitumen binder using rubber-containing waste according to the methodology of the state standards of the Russian Federation for bitumen binders.

Keywords: rubber crumb, waste, waste disposal, bitumen, bitumen binder, "KISH" method, penetration index

В рамках научно-исследовательской работы бакалавра проведено исследование способа модификации нефтяного дорожного битума отходами переработки автомобильных покрышек (резиновой крошки). Для апробации разработанных составов и получения эмпирических данных поставлен лабораторный эксперимент, в ходе которого изготовлено 6 партий смесей, которые состояли из следующих компонентов: битум

БНД 60/90, резиновая крошка (переработанные автомобильные покрышки) фракцией 1-2 мм, производства ОАО «ЯШРЗ» г. Ярославль, девулканизированная резиновая крошка ОАО «ЯШРЗ» г. Ярославль (девулканизируется путём нагрева до 260-300°C в печи), сера техническая газовая по ГОСТ 56249-2019.

Состав смесей представлен в таблице 1.

Таблица 1. Состав смесей в ходе эксперимента

Показатель	БНД 60/90 РК (1)	БНД 60/90 дРК (2)	БНД 60/90 РК Сера газовая (3)	БНД 60/90 дРК Сера газовая (4)	БНД 60/90 Сера газовая (5)
$m_{бит}$, г	200	200	200	200	200
Масса крошки (10 % по мас.), г	20	20	20	20	0
$T_{мод б}$, °С	200-220	200-220	200-220	200-220	200-220
$T_{мод к}$, °С	–	260-300	–	260-300	–
Сера (5 % по мас.), г	0	0	10	10	10
$m_{обш}$, кг	220	220	230	230	210

Испытания производились в соответствии с ГОСТ 33142 – 2014 «Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и шар»», ГОСТ 33136 – 2014 «Метод определения глубины проникновения иглы» и ГОСТ 33134 – 2014 «Определение индекса пенетрации».

Результаты испытаний по определению температуры размягчения, глубины проникновения иглы и индекса пенетрации смесей будут представлены в таблицах 2,3,4, соответственно.

Определение температуры размягчения битума по методу «Кольцо и Шар» производили в приборе ИГШ-МГ4.

Таблица 2. Температура размягчения битума

КП	БНД 60/90 РК (1)	БНД 60/90 дРК (2)	БНД 60/90 РК Сера газовая (3)	БНД 60/90 дРК Сера газовая (4)	БНД 60/90 Сера газовая (5)
Температура размягчения по методу КиШ, °С					
56,84	72,75	53,51	67,89	51,30	52,03

56,84	72,84	53,62	64,56	51,38	50,75
56,69	72,91	53,81	64,45	52,25	50,06
56,53	72,97	53,37	64,39	51,51	50,44
Среднее значение, °С					
56,73	72,87	53,58	63,32	51,61	50,82

При определении глубины проникновения иглы использовали прибор АПН-360МГ4. Испытание проводили при температуре в помещении $25 \pm 1^\circ\text{C}$ и влажности 55 %.

Таблица 3. Коэффициент пенетрации

КП	БНД 60/90 РК (1)	БНД 60/90 дРК (2)	БНД 60/90 РК Сера газовая (3)	БНД 60/90 дРК Сера газовая (4)	БНД 60/90 Сера газовая (5)
Значение коэффициента пенетрации, ед					
51,6	47,9	60,1	57,7	70,2	76,3
51,0	48,4	59,5	56,8	72,5	76,9
56,7	48,1	62,0	56,9	75,2	77,4
57,9	48,5	62,4	54,7	78,3	76,8
58,3	48,6	62,3	55,8	77,9	78,3
58,0	48,9	60,7	56,6	76,1	75,5
57,1	49,4	62,3	55,7	78,6	75,9
Среднее значение глубины проникновения иглы, ед					
55,8	48,5	61,3	56,3	75,5	76,7

Заключительным этапом в работе является определение индекса пенетрации, который определяется по формуле (1) [3]:

$$\text{ИП} = \frac{30}{(1+50A)} - 10, \quad (1)$$

где A - коэффициент, который вычисляют по формуле (2) и округляют до первого десятичного знака, который рассчитывается по формуле (2) [3].

$$A = \frac{(2,9031 - \log P)}{T - 25} \quad (2)$$

где P - глубина проникновения иглы при 25°C , равная 0,1 мм;
 T - температура размягчения битума, $^\circ\text{C}$.

Результаты вычислений сведены в таблицу 4.

Таблица 4. Индекс пенетрации

КП	БНД 60/90 РК (1)	БНД 60/90 дРК (2)	БНД 60/90 РК Сера газовая (3)	БНД 60/90 дРК Сера газовая (4)	БНД 60/90 Сера газовая (5)
0,63	3,21	0,16	1,98	0,25	0,09

По данным таблицы 4 построен график, представленный на рисунке 1.

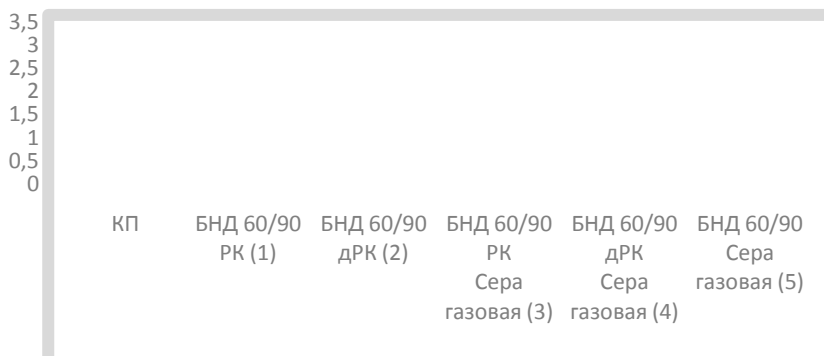


Рис. 1. Индекс пенетрации

Допустимыми значениями индекса пенетрации для II дорожно-климатической зоны считается интервал от минус 2 до 2.

Индекс пенетрации позволяет дифференцировать битумы исходя из условий эксплуатации для конкретного объекта дорожного строительства внутри каждой из дорожно-климатической зоны.

В ходе анализа результатов можно сделать следующие выводы:

1) Образец битума с резиновой крошкой показал неудовлетворительные результаты с точки зрения общепризнанных норм для II дорожно-климатической зоны. В свою очередь, введение серы нивелировало ситуацию и привело значения индекса пенетрации в допустимые пределы. Битумы с индексом пенетрации минус 2 до 2 имеют необходимые для практического применения упруговязкие свойства и достаточную атмосферостойкость.

2) Введение серы позволяет достичь более универсальных характеристик исследуемого битума БНД 60/90, поскольку индекс пенетрации смещается до более нейтральных значений близких к 0.

3) Девулканизация резиновой крошки также положительно сказывается на характеристиках битума, с точки зрения универсальности их применения во II д.к.з.

Наиболее приемлемой композицией битума из испытанных в ходе эксперимента, с учётом применённого сырья признана смесь № 3 – БНД 60/90 с добавлением резиновой крошки и газовой серы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 33142 – 2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар». Технические условия: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. АО «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200121056>
2. ГОСТ 33136-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникновения иглы. Технические условия: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов/ АО «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200122917>
3. ГОСТ 33134-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Определение индекса пенетрации. Технические условия : электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. АО «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200121336>

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРАКТОВ ЖИЗНЕННОГО
ЦИКЛА С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
И РАЗВИТИЯ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕЁ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

О.С. Чанова, В.М. Дудин

Научный руководитель – **В.М. Дудин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается перспектива использования контрактов жизненного цикла в дорожном хозяйстве с целью привлечения инвестиций в транспортную инфраструктуру Ярославской области для обеспечения ее устойчивого развития.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, контракт жизненного цикла, дорожное хозяйство, автомобильная дорога

**THE USE OF LIFE CYCLE CONTRACTS TO IMPROVE
AND DEVELOP THE ROAD INFRASTRUCTURE
OF THE YAROSLAVL REGION TO ENSURE
ITS SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

O.S. Chanova, V.M. Dudin

Scientific Supervisor – **V.M. Dudin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper considers the prospect of using life cycle contracts in the road sector in order to attract investment in the transport infrastructure of the Yaroslavl region to ensure its sustainable development.

Key words: transport infrastructure, life cycle contract, road sector, road.

Устойчивое развитие (sustainable development) – концепция, зародившаяся в 1970-1980 годы на фоне признания мировым сообществом проблем развития общества и науки, ограниченности природных ресур-

сов и экологической обстановки [1].

Только при равновесии трех основных составляющих возможно устойчивое развитие страны и мира в целом, это: экономический рост, социальная ответственность и экологический баланс. В 2015 г Генеральной ассамблеей ООН в качестве «плана достижения лучшего и более устойчивого будущего для всех» была создан документ «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», который содержит 17 глобальных целей и 169 соответствующих задач [2].

Одной из самых значимых целей для Российской Федерации является ЦУР 9 «Индустриализация, инновации и инфраструктура», так как именно инфраструктура играет ключевую роль в достижении устойчивого развития и оказывает непосредственное влияние более чем на 80 % задач ЦУР ООН.

Нацеленность России в развитии качественной инфраструктуры подтверждают многочисленные национальные программы и проекты. Для Ярославской области как для узлового региона имеющего очень выгодное территориальное положение очень важно уделить внимание развитию инфраструктуры. Так постановлением Правительства Ярославской области от 06.06.2017 №435-п определены ключевые механизмы реализации задачи развития транспортной инфраструктуры:

- дальнейшее развитие трассы М8 «Холмогоры»;
- строительство третьего моста через р. Волгу;
- строительство автомобильной переправы в г. Тутаеве;
- строительство Карабулинской развязки в г. Ярославле;
- повышение эффективности государственных вложений в транспортную инфраструктуру, увеличение доли частных инвестиций в развитие транспортного комплекса на основе ГЧП;
- освоение инновационных технологий строительства, реконструкции и содержания транспортной инфраструктуры, снижение энергоёмкости транспортной инфраструктуры;
- приоритетность принципа экологичности функционирования транспортной системы.

Большинство развитых стран в том числе и Россия сталкиваются с проблемой поиска новых дополнительных источников инвестиций для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог.

Дорожная деятельность в отношении дорог регионального или межмуниципального значения в основном осуществляется за счет средств бюджета субъекта РФ.

Одним из ключевых недостатков модели финансирования и строительства объектов дорожной инфраструктуры в России это отсутствие у

подрядчиков экономической мотивации к качественному выполнению работ. Зачастую подрядчиками становятся малоизвестные компании, выигрывающие на торгах за счет небольшой стоимости, но при этом имеющие низкое качество работ и материалов. Экономия на стадии заключения контракта сказывается на значительных издержках в процессе эксплуатации объекта.

Федеральным проектом «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» утверждена цель о применении новых механизмов развития и эксплуатации дорожной сети, включая использование инфраструктурной ипотеки, принципов контрактов жизненного цикла, наилучших технологий и материалов [3].

Контракт «жизненного цикла» объектов капитального строительства в сфере дорожного хозяйства – форма государственно-частного партнерства, при которой исполнитель реализации объекта по поручению государственного заказчика разрабатывает проектную документацию, за свой счет и с использованием собственных материально-технических ресурсов возводит объект и осуществляет при его эксплуатации содержание и ремонты автомобильной дороги, включая дорожные сооружения, в течение всего жизненного цикла объекта.

Согласно динамике, показатель национального проекта «Безопасные качественные дороги» доля государственных контрактов на осуществление дорожной деятельности в рамках нацпроекта, предусматривающих выполнение работ на принципах контракта жизненного цикла с включением в один контракт различных видов дорожных работ составляет 15 %.

В Ярославской области контакты жизненного цикла имеют очень слабое распространение. По данным на 2021 год в Ярославской области заключен один единственный контракт в рамках жизненного цикла на капитальный ремонт автомобильной дороги Шолохово-Скалино, что составляет значение показателя на конец 2021 года и начало 2022 года – 7 %.

Данные показатели подводят нас к выводу, что должному распространению КЖЦ в сфере дорожного строительства мешает несколько факторов таких как:

- неготовность действующей законодательной базы;
- низкий уровень управления проектами;
- низкая гибкость долгосрочных контрактов;
- дороговизна договорного процесса между государством и частной фирмой.

После проведения подробного анализа транспортной инфраструктуры Ярославской области можно выделить наиболее актуальные проблем развития дорожной инфраструктуры:

- нехватка средств на строительство, реконструкцию, ремонт и содержание дорог общего пользования;
- острая нехватка средств на приобретение техники для содержания дорог общего пользования;
- отсутствие необходимого финансирования снизило объемы капитального ремонта, затраты на содержание автомобильных дорог регионального значения.

Исходя из изученных методов инвестирования дорожного строительства и показателей, к которым стремится страна и регионы, можно сделать вывод, что использование контрактов жизненного цикла в дорожном строительстве является перспективным направлением, способным улучшить состояние дорожной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое концепция устойчивого развития и почему крупному бизнесу стоит обратить на нее внимание? URL: <https://tskad.riamo.ru/> (дата обращения 13.12.2022 г.)
2. Technical report by the Bureau of the United Nations Statistical Commission (UNSC) on the process of the development of an indicator framework for the goals and targets of the post-2015 development agenda (Working draft) (англ.). Sustainable Development Knowledge Platform. United Nations. URL: <https://sdgs.un.org/documents/technical-report-bureau-united-natio-20815> (дата обращения 13.12.2022 г.)
3. Дорожная терминология: Справочник / Под ред. М.И. Вейцмана. М.: Транспорт, 1985. URL: <https://gosthelp.ru/text/SpravochnikSpravochnikdor.html> (дата обращения 12.12.2022).

**СЕКЦИЯ
«АРХИТЕКТУРА И ДИЗАЙН»**

УДК 725.4

АРХИТЕКТУРА ФАРФОРОВЫХ ЗАВОДОВ РОССИИ

А.Д. Бочкарева, Н.В. Хомутова

Научный руководитель – **Н.В. Хомутова**, кандидат
архитектуры, доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье рассматривается архитектура промышленных зданий на примере наиболее известных фарфоровых заводов России. Здесь рассмотрены планировочные структуры зданий, виды помещений, декоративные элементы.

***Ключевые слова:** Промышленная архитектура, фарфоровые предприятия, кирпичная архитектура, стиль историзм.*

ARCHITECTURE OF PORCELAIN FACTORIES IN RUSSIA

A.D. Bochkareva, N.V. Khomutova

Scientific Supervisor – **N.V. Khomutova**, Candidate of Architecture,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article examines the architecture of industrial buildings on the example of the most famous porcelain factories in Russia. Here the planning structures of buildings, types of premises, decorative elements are considered.

***Keywords:** Industrial architecture, porcelain enterprises, brick architecture, historicism style.*

Промышленная архитектура фарфоровых заводов уникальна своим богатым прошлым и той ролью, которую она сыграла в истории России. Несмотря на то, что развитие фарфорового производства в стране было достаточно прогрессивным, на сегодняшний день оно утратило свою значимость и славу. К примеру, во времена Советского Союза в государстве

насчитывалось около 60 заводов, но в наши дни их количество сократилось до 10 действующих предприятий.

Первая в России порцелиновая мануфактура возникла во времена правления Елизаветы Петровны. В 1744 году из Стокгольма в Петербург приезжает специалист по керамике – Х.Г. Гунгер. Вместе с помощником из России, ученым Д.И. Виноградовым, они приступают к разработке рецепта фарфора, используя гжельскую глину. Вскоре становится ясно, что Гунгер не компетентен в сфере фарфорового производства и его отстраняют. В 1747-1748 годах Д. Виноградов самостоятельно сумел получить фарфор, состав которого был близок к китайскому рецепту. Именно в это время начинается строительство фарфоровых заводов по всей России.

Производство фарфоровых изделий состоит из более, чем восьмидесяти операций. Основные этапы: подготовка сырья, формование изделий, сушка, обжиг и декорирование изделий. Планировочная структура заводов включает в себя следующие основные цеха: литейно-формовочный; подглазурной и ручной росписи; окраски и упаковки; высокохудожественных изделий. Предприятия представляли собой огромные комплексы. Некоторые люди работали на фабрике большую часть своей жизни, поэтому требовалось множество хозяйственных построек, таких как: хозяйский дом, гостиница для гостей, хлебопекарня, баня, больница, флигеля для служащих и казармы для рабочих.

Самыми крупными и интересными с точки зрения архитектуры фарфоровыми фабриками XIX века были Императорский и Корниловский заводы, а также предприятия династии Кузнецовых.

Императорский фарфоровый завод – первое крупнейшее предприятие в России по производству художественных фарфоровых изделий. История фабрики начинается в 1744 году с основания Порцелиновой мануфактуры. В 1765 году мануфактуру преобразовали в Императорский фарфоровый завод. За двадцать лет, прошедшие со времени основания фабрики, здания стали ветхими и пришли в негодность. В связи с этим под руководством А.Л. Вяземского были проведены работы по перестройке и возведению новых корпусов. В начале 1780-х годов по проекту архитектора С.Берникова было возведено основное каменное двухэтажное здание. Функционально здание было разделено продольной стеной на две половины. В части, обращённой на берег размещалась контора, живописный цех, лаборатория и магазин фарфоровой продукции, а в одноэтажной пристройке размещались горны. В 1786 году началось строительство второго корпуса в одну линию с первым. В таком виде здания сохранились до наших дней. Фасад здания украшен рустованным цоколем, сандриками и карнизами над окнами второго этажа. Центральная часть с арочным проездом акцентирована фронтоном, боковые аттиками.

Завод «Красный фарфорист», расположенный в Новгородской области г. Чудово был построен в 1898 году. Он принадлежал товариществу купца I гильдии И.Е. Кузнецову. В 1897 году Кузнецов купил заболоченные земли вблизи села Грузино и возвел кирпичный и лесопильный заводы, это было необходимо для строительства главного корпуса фарфорового производства. В 1900 году был построен кирпичный корпус с тремя горнами по проекту архитектора Б.М. Великовского. Завод состоял из двух основных цехов, проходной, очистных сооружений и двух котельных. Цех обжига был одноэтажным и имел огромную площадь. Из-за особенностей производства весь цех был полностью пронизан мощнейшей вентиляцией. В комплексе зданий был крытый переход, по которому изделия доставлялись в трехэтажное здание цеха обработки. Фасад здания протяженный, центральная часть выше основного объема, на ней есть элементы руста, декоративные перемычки, сандрики и филенки. Остальной фасад также украшен карнизами, окна полуциркульной формы с декоративными перемычками. Иван Емельянович был глубоко верующим человеком, по этой причине близ завода он строит богадельню. Это здание признано памятником архитектуры 19 века. Здание конторы, находившееся на территории, завода также является памятником.

Корниловский фарфоровый завод был основан купчихой Марией Васильевной Корниловой в 1835 году на правом берегу Невы. Архитектор Фрейберг спроектировал комплекс, состоящий из каменного двухэтажного дома с железными крышами и толстыми кирпичными стенами. На первом этаже располагались два горна для обжига фарфора, на втором глазурные мастерские и муфельные печи. Висячая галерея при помощи крыши соединяла этот каменный дом с деревянным, в котором работали токари, живописцы и стояла печь сушилка. Также на территории был построен деревянный колодец, два одноэтажных и два двухэтажных строения, в которых располагались массозаготовительные машины, кладовые и жильё для рабочих. Комплекс зданий выполнен из красного кирпича, на фасаде можно увидеть широкие полуциркульные окна с декоративными перемычками, украшения в виде поясов из дентиккул, пилястр и карнизов.

Первомайский фарфоровый завод был основан в 1884 году в деревне Песочное Ярославской губернии неподалеку от города Рыбинска. Фабрика основана П.А. Никитиным и изначально предназначалась для производства кирпича, но в 1885 году была преобразована в фарфоро-фаянсовую фабрику. В 1886 году завод приобрел Торговый дом «Карякин и Рахманов». В 1894 году завод был продан «Товариществу М.С. Кузнецова. Изначально фабрика располагалась в двух деревянных корпусах, освещение было керосиновым, оборудование состояло из двух горнов. На предприятии имелось две конные машины и две мялки, рабо-

тающие на лошадиной силе, а в декабре 1887 года был разработан план замены конных приводов на паровой двигатель. В марте 1888 года по чертежам архитектора Н. Севастьянова было построено кирпичное помещение для установки паровой машины, в этом же году был составлен план всех остальных строений. В 1897 году на фабрике имелись основные отделения: точильное, горновое, поливное, живописное, машинное. Имелись мастерские: капсельная, глиномялка, дробилка, алебастровая, слесарная, кузница, котельная, и даже лаборатория. Для обслуживания производства на фабрике были хозяйственные пристройки: сараи, кладовые, амбары, конный двор, водопровод и водокачка. Для хранения изделий на производстве был двухэтажный посудный амбар. Были также двухэтажный хозяйский дом, в котором находилась контора фабрики и гостиница для хозяев и гостей, казармы, в которых проживали рабочие. Для хозяйственных нужд на фабрике была хлебопекарня, пристань и баня. Объем основного здания имеет линейную структуру и вытянут вдоль реки Волги. Окна полуциркульной формы с декоративными перемышками и замковыми камнями. Второй и третий этаж разделён карнизом с несколькими рядами из кронштейнов. Некоторые объёмы акцентированы за счет изменения высоты этажа. На крыше расположены слуховые окна. Во всю высоту помещения, где находится лестничный марш, расположен полуциркульный витраж. Также фасады украшены пилястрами и декоративными профилями.

В XIX веке происходит промышленная революция, строятся крупные архитектурные комплексы - заводы и фабрики. Многие из них строились из красного кирпича, это удобный прочный материал. Из общих подходов к проектированию можно отметить месторасположения предприятий, заводы располагались на берегах рек для удобства импорта сырья и экспорта продукции. Технические производственные корпуса не были лишены декоративных элементов, которые придавали зданиям особое очарование. В основном здания строились в стиле эклектика и имели множество перекликающихся элементов. Нельзя сказать, что архитектура была типовой, все комплексы уникальны и с точки зрения планировочной структуры, и с точки зрения внешнего облика. Фабрики со временем преобразовывались, дополнялись новыми корпусами, все было сделано для удобства рабочих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Штиглиц, М.С.* Промышленная архитектура Санкт-Петербурга XVIII – первой половины XX в.: Историко-культурные проблемы : дис. ... д-р архитектуры. - СПб., 2002. 358 с.
2. *Коновалова, Н.Е.* Начальный период истории фарфоровой фабрики в Песочном Рыбинск: Рыбинский музей-заповедник, 2014.
3. *Попов, В.А.* Русский фарфор: Частные заводы. Л.: Художник РСФСР, 1980.

РЕГЕНЕРАЦИЯ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА

А.А. Бурова, Т.А. Сиротина

Научный руководитель – **Т.А. Сиротина**,
кандидат культурологии, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены вопросы актуальности регенерации бывшего Семипалатинского полигона на территории Казахстана, проведен анализ мирового опыта работы с военными ядерными полигонами, выявлены проблемы и характерные особенности местности и методы их решения, рассматриваются стратегии и пути развития данной территории.

Ключевые слова: Регенерация, рекультивация, военный полигон

REGENERATION OF THE SEMIPALATY POLYGON

A.A. Burova, T.A. Sirotina

Scientific Supervisor – **T.A. Sirotina**, Candidate of Cultural Studies,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the relevance of the regeneration of the former Semipalatinsk test site on the territory of Kazakhstan, analyzes the world experience in working with military nuclear test sites, identifies problems and characteristic features of the area and methods for their solution, considers strategies and ways of developing this territory.

Keywords: Regeneration, reclamation, military training ground

Еще в 1820 году французский учёный-естествоиспытатель Жан Ба- тист Ламарк предостерегал: «Можно, пожалуй, сказать, что предназначение человека как бы заключается в том, чтобы уничтожить свой род, предварительно сделав земной шар непригодным для обитания» [1].

Актуальность данного исследования обусловлена возрастающим интересом к истории ядерных испытаний и их последствиям, негативно-

му влиянию на собственные и прилегающие территории бывшего Семипалатинского полигона, а также на мировое сообщество в целом.

Мировой опыт подтверждает актуальность данного исследования: еще в 1958 году США вплотную занялись регенерацией территорий своих бывших ядерных полигонов, открыв для туристов полигон Аламогордо.

Примером регенерации территории, подвергшейся негативному влиянию человека, является также парк Аваджи Юмебутай японского архитектора Тадао Андо, созданный на территории бывшего карьера после землетрясения 1995 года. В состав комплекса включены парк, отель, конференц-центр, амфитеатр, рестораны.

Представленный в 2022 году швейцарским бюро Miller&Maranta проект расширения музея Glacier Garden, созданного на территории бывшей каменоломни в Люцерне, предлагает использование ее шахт, включая их в маршрут посещения ледникового сада, расположенного при одноименном музее.

Построенный по проекту архитектора и скульптора Исаму Ногучи в 2005 году в Японии парк Моэренума расположен на месте бывшей городской свалки. Он является знаковым объектом мировой ландшафтной архитектуры. В главном здании парка располагается галерея, смотровые площадки, выставочные залы, кафе и рестораны. Акцентным элементом среды является искусственная гора, открывающая панораму не только на территорию парка, но и на весь город.

В 2017 году был проведен международный конкурс на создание ориентира для места захоронения ядерных отходов. Проектами-победителями стали: экспериментальная площадка для климатической инженерии «Testbed», кладбище вымерших видов животных и, впоследствии, последнего человека «A Crystalline Funeral», памятником эксплуатации планеты «A Storm is Blowing From Paradise» и проект «Lodestar», позволяющим определить окончание 10000 лет за счет простых архитектурных форм и движения звезд.

Семипалатинский полигон (СССР, ныне Республика Казахстан), занимающий площадь более 18 300 кв.км, является уникальным примером по своей научной значимости и прикладным возможностям создания целостной гуманистической модели человеческого развития. [2] Не считая мирных взрывов, СССР произвел здесь почти 90 процентов своих подземных взрывов в военных целях с 1949 до 1989 гг. В 1989 году была проведена заключительная серия взрывов, после этого он был закрыт, арсенал ядерного оружия и инфраструктура полигона были уничтожены.

Полигон являлся сложным разветвленным научно-исследовательским комплексом. Его центральной частью была площадка «Опытное поле», на которой и должно было происходить первое ядерное

испытание в СССР. Весь комплекс площадки «Опытное поле» до сих пор является уникальным памятником ядерной эпохи.

Учеными была разработана система мероприятий по ликвидации последствий и усилению безопасности полигона. В 1996-2012 годах на полигоне проходила совместная секретная операция Казахстана, России и США по сбору и захоронению около 200 кг плутония, а также оборудования, использовавшегося для создания и испытания ядерного оружия.

Несомненно, проведение испытаний сказалось на экологической обстановке испытательных территорий. Установлено, что микроэлементный состав растений территории СИЯП отличается от мировых данных. [4] Техногенные почвы в районе проведения ядерных испытаний могут служить источником пылеобразования и вторичного загрязнения воздуха в связи с значительными радионуклидными загрязнениями плутонием и америцием. Проведение ядерных взрывов вызывает патогенные модификации воды, изменяющие ее физико-химический состав.

Более приемлемым, по нашему мнению, является физико-химический метод дезактивации предусматривающий сочетание физического метода и в последующем применением химического метода. [6]

Немаловажным фактором, показывающим улучшения состояния местности, является возвращение в горы Дегелен краснокнижных архаров. Радиоэкологическое обследование площадки показало, что большая ее часть не имеет радиоактивного загрязнения, так как основная доля радиации запечатана внутри штолен, а не рассредоточена на земле.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод об актуальности регенерации территорий Семипалатинского полигона с целью улучшения не только экологической ситуации местности, но и решения социальных проблем. Создание на территории полигона точки притяжения туристов позволит проводить образовательные программы и открыть ранее закрытую территорию режимного объекта.

В качестве проектного предложения, позволяющего учесть особенности местности и обратиться при этом к ее *Genius loci*, нами было принято решение о создании на территории бывшего Семипалатинского полигона следующих объектов: здания музея, инфоцентра, смотровых площадок и пешеходно-транспортной туристической инфраструктуры в местах важных артефактов местности, представленных сохранившимися гусаками и элементами инфраструктуры Опытного поля, воронками от чистых взрывов, Атомным и Тротильным озерами и разрушенными населенными пунктами. Также на территории будет создан ландшафтный парк, выполняющий научно-исследовательскую функцию при центре биоразнообразия.

По нашему мнению, приемами пространственной выразительности важно добиться усиления исторической и эмоциональной значимости

места. Контраст форм, материалов и окружающей среды позволит добиться поставленных целей. Ландшафтный парк при этом станет символом возможности возрождения территории. Восприятие пространства с точки зрения сценария посещения должно провести посетителя от истории первых значимых испытаний через ужас последствий к надежде на светлое будущее при отказе от ядерного оружия. Именно этой цели служат проекты, рассказывающие о данном историческом этапе развития человечества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зубаков В.А.* Эндоекологическое отравление (К саммиту ООН "Рио+10"). - СПб 2002. 86 с.
2. *Басыбекова, К.Е.* Социально-психологические аспекты экономической реабилитации семипалатинского полигона // III Конгресс глобального антиядерного альянса. 2000. С. 33
3. *Назарбаев, Н.А.* Проведение комплекса научно-технических и инженерных работ по приведению бывшего Семипалатинского испытательного полигона в безопасное состояние / Н.А. Назарбаев, В.С. Школьник, Э.Г. Батырбеков, С.А. Березин, С.Н. Лукашенко, М.К. Скаков. 2016. Т.1. С. 320
4. *Киргизбаева, А.А.* Содержание микроэлементов в растениях, произрастающих на территории бывшего Семипалатинского полигона (Казахстан) // Журнал: Микроэлементы в медицине. 2013. № 14. Т.1. С. 41-43
5. *Закарин, Э.А.* Дистанционное зондирование температурных аномалий в районе семипалатинского ядерного полигона // III Конгресс глобального антиядерного альянса. 2000. С. 38-39
6. *Турабджанов, С.М.* Новый способ рекультивации загрязненных радионуклидами почв участков подземного выщелачивания урана // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2020. № 6(75). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/9793>, свободный (дата обращения: 12.03.2023)

МУЗЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ЯРОСЛАВСКОГО КРАЯ

Э.В. Гелетина, Н.Н. Кудряшов

Научный руководитель – **Н.Н. Кудряшов**, кандидат архитектуры,
профессор

Ярославский государственный технический университет

В статье исследуются особенности краеведческого музея, архитектура и планировочные решения музейного пространства на территории ЯМЗ г. Ярославля.

Ключевые слова: историческое наследие, краеведческий музей, промышленная среда, архитектура, дух места, контекст

MUSEUM OF TECHNICAL HISTORY OF THE YAROSLAVL REGION

Geletina E.V., N.N. Kudryashov

Scientific Supervisor - **N.N. Kudryashov**, Candidate of Architecture,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The article examines the features of the local history museum, architecture and planning solutions of the museum space on the territory of the YaMZ in Yaroslavl.

Key words: historical heritage, local history museum, industrial environment, architecture, spirit of the place, context

Музеи имеют значительный вес в развитии мировой культуры, сохранении историко-культурного наследия и передаче его народу. Они играют посредническую роль в передаче разного рода информации в сфере изучения истории, культуры, отношений и т.д. Музеи являются памятью истории. Они обучают и наполняют творческими мыслями, создают благоприятную почву для своеобразного развития национальных достижений, формирования ведущей роли человека в обществе, немислимого созидательного труда и веры человека в будущее. Они также являются научно-исследовательскими центрами. Краеведческие музеи ока-

зывают существенное влияние на формирование исторического сознания местного сообщества, а значит, их работе должно уделяться особое внимание.

Говоря о комплексных музеях, а именно о краеведческих, нужно вспомнить об их роли и миссии в современном быстро развивающемся обществе. Немаловажной чертой современности можно назвать ослабление идеологических ценностей и кризис национальных и личностных установок при расширении международных связей, свободе слова и разнообразии форм культурной деятельности. Краеведческий музей всегда воспринимался в обществе не только как хранитель наследия и образовательно-воспитательный институт, но и как учреждение, принимающее участие в формировании исторического и культурного самосознания новых поколений граждан. Полные знания о родном регионе составляют основу исторической памяти граждан, которая оказывает влияние на поведение людей, намерения, на возможность конструировать и интерпретировать различные картины прошлого. В этом контексте особое место принадлежит музейным учреждениям, которые, актуализируя прошлое, обладают большим потенциалом. Опираясь на историческую память, понимаемую, как основу самосознания, в рамках краеведческого музея, наиболее выгодно воссоздать исторические реалии, вовлекая человека в историю определенного края и вызывая чувство сопричастности к значимым событиям.

В Ярославле находятся музеи различной направленности с достаточно богатым для города экспозиционным фондом, большим количеством ценных документов и результатов исследований: религия, искусство, техника. Они устроены по классическому сценарию, расположены в определенных для них пространствах.

Учитывая роль технической промышленности Ярославля, особенно в XX в. (автомобильная промышленность, лакокрасочные предприятия, НПЗ, кордовый, радиодетали развитие трамвайных депо, авиапроизводство, сжиженных газов, кислот), наличие обширных результатов работы и исследований данной промышленности для экспонирования, было предложено создать музей технической истории Ярославского края при ЯМЗ. На территории предприятия, у границы периметра с пр. Октября есть неэксплуатируемое здание, конфигурация и площадь которого позволяют разместить в нём обширную экспозицию и учебно-практические аудитории.

Примеры регенерации промышленной среды с исторической ценностью можно встретить в зарубежной практике, которая имеет наиболее богатый опыт в данном направлении. Обратимся к примерам регенерации заводов на Рейне - объектам Всемирного Наследия ЮНЕСКО: шахта Цольферайн, Ландшафтный парк Дусбург-Норд, металлургиче-

ский завод в Фёльклингене. Сохранённый облик и Дух места предприятий, были дополнены современной функцией, оставшись памятниками глобального антропоцентризма современного мира. Такие площадки неизменно пользуются популярностью у посетителей и арендаторов отдельных площадей, привлекаемых наслаиванием старого и нового, как способа раскрыть, экспонировать историю места.

Возвращаясь к Ярославлю, следует опираться на западный опыт и методики контекстуализма для регенерации объекта проектирования. Выбранная территория для создания краеведческого музея находится в промышленном центре города, граничит с другими предприятиями, имеет выход к железной дороге и пр. Октября. Сооружение, в котором планируется размещение краеведческого музея имеет два отсека: один – промышленный цех (36500 м²), второй – четырехэтажный административный корпус с коридорной планировкой кабинетов (1600 м²). В первой части будут размещены: экспозиции (постоянная и временная), многофункциональные площадки для проведения мероприятий, лекторий, VR-пространства. Во второй части расположатся: учебные аудитории, мастерские и исследовательские классы, библиотека и фотоархив.

Основываясь на типологической разновидности консервации – конверсии – в проекте будут предложены: регенерация внутреннего пространства здания завода, применение hi-tech оснащения, parasite на фасадах и функциональное обновление среды вокруг, затрагивая планировку пешеходно-транспортных связей от въезда на территорию завода, возможно будет предложен музеенаправленный ограниченный маршрут по территории предприятия, композиционное решение для постановки экспозиции из легковых/грузовых автомобилей XX в., авиационных деталей и масштабных моделей.

В результате конверсии территории проектирования в рамках ЯМЗ, как краеведческого музея с образовательной функцией, появится место уникальной исторической памяти и исследовательского опыта, точка притяжения промышленного туризма Ярославского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Замятина, Н.Ю.* Гений места и город: варианты взаимодействия / Н.Ю. Замятина, Д.Н. Замятин // Вестник Евразии=Acta Eurasica. 2007. Т. 35. № 1. С. 62-87.
2. *Кудряшов, Н.Н.* Девизуализация как метод нейтрализации воздействия нового строительства на историческую среду в процессе ее регенерации // Умные композиты в строительстве. 2020. Т. 1, вып. 1. С. 81-88. URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020
3. *Яргина, З.Н.* Эстетика города. М.: Стройиздат, 1991. 366 с.

ЭМОЦИИ И АРХИТЕКТУРА

Е.В. Голубева, С.В. Расторгуев

Научный руководитель - **С.В. Расторгуев**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается феномен эмоций в архитектуре на практическом примере – проекте Музея эмоций, который был выполнен для международного конкурса «Emotions on Display».

Ключевые слова: эмоции, музей, архитектура, интерьер

EMOTIONS AND ARCHITECTURE

E.V. Golubeva, S.V. Rastorguev

Scientific Supervisor - **S.V. Rastorguev**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the phenomenon of emotions in architecture on a practical example - the project of the Museum of Emotions, which was completed for the international competition "Emotions on Display".

Keywords: emotions, museum, architecture, interiors

Человек и эмоции неразделимы.

Задачей этой работы является выявление связи архитектурных приемов и интерьерных решений с эмоциями человека.

За основу в данном исследовании был взят проект «Музей эмоций» для международного конкурса «Emotions on Display». **Экспериментальная модель музея включает в себя:**

- Пространства, вызывающие разные эмоции (выбраны по модели эмоций Плутчика), где человек имеет возможность идентифицировать себя с эмоцией, которая переполняет его разум;
- Пространства, которые отражают отдельные эмоции или функциональные пространства, которые изображают определенную эмоцию.
- Важна последовательность залов эмоций и переходов от одной эмоции к другой;

- При реализации этой модели должен возникнуть музей, функция которого – отображение эмоции в конструкциях и пространствах, что в конечном итоге приводит к исцелению разума посетителя.

Одна из методик, применяемая в данном проекте основана на концепции «Колеса эмоций» американского профессора психологии Роберта Плутчика. Колесо эмоций – классификация эмоций. В основе теории лежит понимание их как эволюционных механизмов, призванных обеспечивать наилучшую адаптацию к внешним условиям и эффективное выживание. В этой парадигме каждая эмоция играет свою роль как стимулятор адаптивного поведения, и за каждой эмоцией стоит естественный импульс, который должен находить свое выражение.

Элементы, которые могут быть использованы в пространстве: водные элементы, растительность, фактура и материалы, естественный и искусственный свет, пропорции помещений, перспективные виды, психология цвета, изменение температуры помещений, уровень шума, музыка.

Слова, описывающие музей:

- **Эмоции:** это чувство, возникающее в результате настроения и обстоятельств.

- **Эмпирический опыт:** вовлекающий, доказанный экспериментально, основанный на наблюдении.

- **Холистическая архитектура:** гуманистический подход, объединяющий разум, тело и душу.

- **Сенсорная архитектура:** восприятие пространств с помощью органов чувств и способности восприятия.

Формообразование музея - это клетка, сдерживающая эмоции человека, это ограничение воспитанием, нормами морали, внутренними переживаниями, культурными границами, мнениями, навязанными обществом. Эмоции расшатывают эту структуру-клетку, как стену и из неё начинают выпадать отдельные «кирпичи».

Местом для проектирования была выбрана территория Камчатки, поскольку природа там способна отразить наибольшее разнообразие и спектр эмоций (г. Петропавловск-Камчатский). Так эмоции могут интерпретироваться через вулканы, горы, поля, гейзеры, северное сияние, степи и т.д.

Музей состоит из центрального объема, путей - эстакад, расходящихся от него и ведущих к кубами-залами с эмоциями. Идя по воздушным коридорам можно рассмотреть пейзажи с разных точек и разных высот. Центральный объём ограничен плоскостями с планарным остеклением без крыши с наложением на него снаружи «листами» с такой же расстекловкой. По периметру этого объема расставлены колонны, на которых лежат фермы, несущие подвешенные этажи, где размещаются все

смежные с музеем функции: административная часть, гардероб, кафе, магазин/сувенирная лавка, туалеты, библиотека.

Попасть в музей возможно только через центральный объем. Место рефлексии находится на 1-м этаже, это территория дикого ландшафта, контрастирующая с другими этажами. Это олицетворение природы в клетке, так человек, который есть часть природы. Попасть в кубы можно только со второго этажа по 4-м проходам к воздушным коридорам - переходам от одной эмоции к другой – «мостам нейронной сети».

Некоторые эмоции объединены в одну комнату, потому что разные типы личности по-разному проживают эмоции (субъективное переживание реальности). Так одна комната может вызвать смежные эмоции, согласно кругу Плутчика у посетителей.

Каждая комната сопровождается звуками, которые расходятся по воздушным коридорам и позволяют посетителям, полагаясь на слух, выбрать свой путь. Но также, чтобы не заблудиться посетитель получает электронную карту движения по зданию.

Были подробно разработаны некоторые комнаты эмоций, в том числе: комната Гнева, комната Безмятежности, комната Горя, комната Ужаса.

Комната Гнева. Гнев - это разрушение, проявившееся и неотпускающее. Черный шар – это то что дало начало этому разрушению, что-то злое и разбивающее помещение трещинами. Этот куб трескается и снаружи тоже. Это вулкан, разрывающий земную поверхность.

Комната Безмятежности. Это расслабление, тихое счастье, покой и умиротворение. Стены комнаты покрыты экранами, транслирующими расслабляющие видео, сопровождающиеся спокойной музыкой.

Комната Ужаса. Помещение несомасштабно с человеком. Как в греческих храмах. Наполненная мраком благодаря черным стенам из металла. Маленький вырез в потолке – единственный источник света. Свет показывает мрак вокруг. Легкая дрожь стен, тактильно передает чувство тревоги. Сопровождающая музыка: грохот, сильный гром, звук падающего пианино, звуки поезда.

Комната Горя. Надежда, возрождаемая во время пути к вершине со дна. Преодоление пути ведомого терзаниями и неотвратимостью, завершается принятием на самой высокой точке айсберга и остаётся в памяти навсегда. Свет так близок, но не достигаем, как выход из состояния горя. Сопровождающая музыка – редкое падение капель воды - будто слезы.

В результате проектирования возникает принципиально новый тип здания для города, и тем самым музей выполняет, градостроительную функцию, работая как ориентир и городская достопримечательность. Здание собирает вокруг себя в единую композицию город и его окрестно-

сти – озеро, автомобили, горы, залив, реагируя на нюансные изменения погоды и естественного света. Своей многозначной формой музей выступает как «загадочное означающее», если опираться на терминологию Чарльза Дженкса.

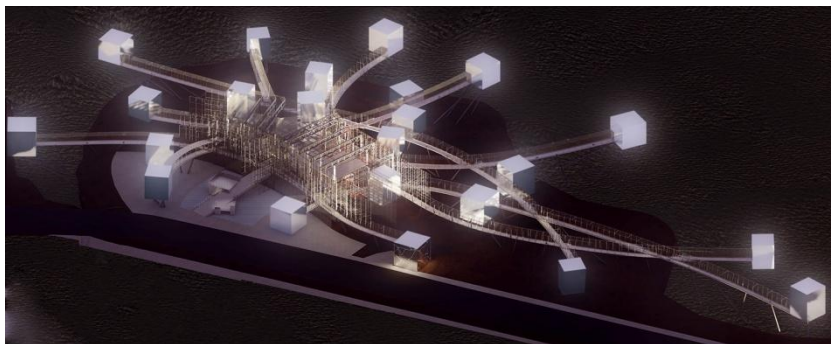


Рис. 1. Музей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роберт Плутчик - Robert Plutchik. Википедия. URL: https://wiki5.ru/wiki/Robert_Plutchik/
2. Цвета эмоций: экспериментальное исследование ассоциативных связей в современном русском языке. URL: <http://tsveta-emotsiy-eksperimentalnoe-issledovanie-assotsiativnyh-svyazey-v-sovremennom-russkom-yazyke.pdf>, свободный
3. Чарльз Дженкс. Новая парадигма в архитектуре, загадочное означающее. URL: <https://cih.ru/ae/ad38.html>
4. What is Emotion Design? URL: <https://www.rosestreetcreative.com/blog/what-is-emotion-design>

**ЗАБВЕНИЕ КАК НАДЕЖДА НА НОВУЮ ЖИЗНЬ:
РЕГЕНЕРАЦИЯ ПОСЕЛКА ОКТЯБРЬСКИЙ
НА КАМЧАТКЕ**

Л.В. Зверева, Т.А. Сиротина

Научный руководитель - **Т.А. Сиротина**,
кандидат культурологии, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье анализируется актуальность проблемы регенерации территории поселка Октябрьский в Усть-Большерецком районе Камчатского края России, рассматриваются стратегии и пути развития данной территории.

***Ключевые слова:** Камчатка, поселок Октябрьский, забвение, память, город-призрак, изменение климата, ностальгия*

**FORGOVERNING AS A HOPE FOR A NEW LIFE:
REGENERATION OF THE VILLAGE OF OCTOBER
IN KAMCHATKA**

L.V. Zvereva, T.A. Sirotina

Scientific Supervisor - **T. A. Sirotina**, Candidate in Cultural Studies,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article analyzes the relevance of the problem of regeneration of the territory of the Oktyabrsky settlement in the Ust-Bolsheretsky district of the Kamchatka Territory of Russia. Strategies and ways of developing this territory are considered.

***Keywords:** Kamchatka, Oktyabrsky village, forgoverning, memory, ghost town, climate change, nostalgia*

Темы забвения и смерти повсеместно затрагиваются учеными во всех сферах жизни. У всего есть свой век, в том числе и у городов. Буквально у каждого человека в России есть воспоминание, связанное с местом, которое теперь уже не найти на карте, а если попробовать его оты-

скасть, то будет удачей, если там останутся хотя бы небольшие следы былой жизни, порождающие в душе увидевшего лишь тоску и ностальгию по утраченному прошлому. Подобно людям, руины прошлой жизни имеют начало и конец, они долгое время существуют в далеком от совершенства виде, пока не исчезнут окончательно, обратившись в прах.

Города-призраки получили свое название благодаря тому, что их архитектурный облик остается практически нетронутым: внешний вид зданий создает иллюзию того, что город продолжает жить обычной жизнью, хотя на его улицах уже давно нет людей, лишь растения прорываются сквозь асфальт. В воспоминаниях остаются только крупные города, пострадавшие от природных катаклизмов, войн или катастроф. Одним из самых известных городов является трагичная Припять, пострадавшая, в результате аварии на АЭС, а также древние Помпеи – погибшие от извержения вулкана. Такие места создают новую ветвь в развитии туризма, пользующуюся популярностью в настоящее время. Любители мрачных пейзажей и новых ощущений приезжают полюбоваться замершими во времени осколками былой жизни.

Если города-призраки привлекают к себе внимание туристов, то с территориями, находящимися на грани вымирания, дела обстоят гораздо печальнее. Такие города более близки к званию «призраков», ведь помимо «умирающих зданий», здесь существуют люди, которые не контрастируют с этой депрессивной средой, а будто поглощаются ею.

Яркий пример такого пространства – посёлок Октябрьский, основанный 18 ноября 1933 года и расположенный в западной части Камчатки, на песчаной косе между рекой Большой и Охотским морем Тихого океана. Когда-то он имел статус поселка городского типа, однако сегодня тут живет чуть больше 1250 человек. О том, что 50 лет назад население поселка было почти в четыре раза больше, говорит лишь множество пустых окон, да остатки фундаментов от уже снесенных или разбитых морем домов.

Некогда эта территория была гораздо шире, а в эпоху социализма здесь работало почти 200 рыбоперерабатывающих предприятий, а сейчас осталось всего 15 частных рыбзаводов. И в то же время Октябрьский – самый богатый поселок на Камчатке по обеспеченности рыбным ресурсом, здесь осуществляется неорганизованный рыболовный туризм. Однако его архитектурная среда не является комфортной для проживания. Из-за серьезных изменений климата погода в поселке становится свирепее с каждым годом, а море съедает больше и больше суши. Здесь не растут деревья, туман иногда держится неделями, а дожди и шторма разрушают единственную дорогу, соединяющую расположенный на косе населенный пункт с большой землей[1, 3].

Единственный выход сохранить привычную жизнь – адаптироваться к изменениям климата и провести реновацию поселка. Реконструкция жилья, строительство дорог, укрепление берегов, возведение дамб и волнорезов может сделать жизнь людей более комфортной и стабильной. Вместе с тем возникает необходимость выстроить грамотную работу с контекстом для привлечения туристического потока и создания новой истории, не затмевающей существующую ситуацию, а плавно вписывающейся в нее.

Отличительной особенностью этого места являются белоснежные ветряки, что, словно атланты, возвышаются над морской гладью, держа на своих плечах бесконечный небосвод. Своей минималистичной и футуристичной эстетикой они контрастируют с обветшалыми панельками, развалинами двухэтажных деревянных домов, затопленными гаражами и ржавыми рыболовными судами, разбросанными по побережью.

Время в Октябрьском будто остановилось, придав всю окружающую действительность забвению. Забвение это такая же неотъемлемая часть жизни, как и память. Человеку свойственно забывать. Но стоит помнить, что забыто – не всегда потеряно. Это понятие, обратное не памяти, а воспоминанию. Оно неразрывно связано с чувством ностальгии и тоски, и в этом оно прекрасно.

Образ покинутого дома прослеживается на всей территории Октябрьского: старые панельные здания, устаревшие детские площадки и маленькие магазинчики вызовут почти в любом русском человеке чувство ностальгии по утраченному детству. Может ли человек вспоминать дом, которого у него не было? Ностальгия — это не только влечение к оставленному дому или покинутой родине, но и тоска по другим временам — периоду детства. Зачастую это тоска по метафорическому дому, которого больше нет а, может, и не было никогда. Как отмечает Светлана Бойм, ностальгия – это «феномен мировой культуры, утопия, обращенная не в будущее, а в прошлое. Ностальгия не всегда ретроспективна, она может обращаться просто к иным пространствам и иным временам.» [2]

Рефлексирующая ностальгия говорит о невозможности возвращения домой и осознает свою собственную эфемерность и историчность. Она связана с осмыслением прошлого, но не с попыткой его воссоздать. В ее основе наложение прошлого и настоящего. Поэтому одной из задач развития поселка является мягкое оживление некоторых территорий, контрастирующих, но не конфликтующих с окружающей средой. А также развитие в посёлке как туристической инфраструктуры, так и инфраструктуры для комфортного проживания жителей.

Одним из важных пунктов функциональной программы регенерации поселка Октябрьский является создание музейного комплекса, посвящённого забвению. Его месторасположение в центре песчаной косы

обусловлено желанием создать новую точку притяжения, пробивающую территорию поселка поперек, как пробивает ритм живое сердце.

В качестве контекста для музея выступает не столько существующая архитектура, сколько эмоциональная составляющая места, настроение, которое оно вызывает у зрителя. Поэтому данный проект является попыткой реализовать редкую гедонистическую модель музея, ориентированную на эстетическое наслаждение и медитацию [4].

Основой для разработки художественного образа музея стали баянусы – род усонюгих рачков, а точнее их раковины, которые часто плотно облепляют прибрежные камни. По сути сам баянус – это тоже покинутый жителем дом, как и разрушенные морем постройки. Сам музей представляет собой группу объемов, являющихся тематическими экспозиционными пространствами. Так, начиная свой путь в зале разрушения, посетители проходят маршрут сквозь залы забвения, тишины, наваждения, воспоминания, возрождения и в конце выходят к залу света, выходящему на яркий маяк, олицетворяющий жизнь. На протяжении маршрута пространства выставочных залов меняются от более темных, туманных к светлым и мягким, вызывая у посетителей самые главные чувства – надежду и веру.

Музейная экспозиция не посвящена конкретной предметной, материальной теме. В его программе все должно быть подчинено исключительно чувственному, эстетическому восприятию. Размывая границу реальности, мы стремимся погрузить каждого человека глубоко внутрь себя и позволить ему прочувствовать эмоцию. Забыть себя, а потом найти и вспомнить, и взглянуть на себя с новой, не известной стороны. Ведь забвение целительно. Чем больше мы забываем, тем больше мы открываемся навстречу будущему, тем больше мы готовы удивляться и придумывать что-то новое. Тема забвения выступает здесь как возможность возрождения, открывающая двери в будущее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коса и камень. Проект Влада Сохина о глобальном изменении климата на Камчатке совместно с издательством «Такие дела» от 2017 года. URL: <https://takiedela.ru/kamchatka/>, свободный (дата обращения: 13.03.2023)
2. Светлана Бойм. Будущее ностальгии / Бойм Светлана // Неприкосновенный запас. Дебаты о политике и культуре №146 (6/2002). URL: https://www.nlobooks.ru/magazines/neprikosnovennyu_zapas/89_nz_3_2013/article/10513/, свободный (дата обращения: 13.03.2023)
3. Камчатка 18 ноября: первый детский сад и основание поселка Октябрьский. URL: <https://kamchatkamedia.ru/news/1192593/>, свободный (дата обращения: 14.03.2023)
4. Сиротина Т.А. Эстетика музейной среды исторического города // Ярославский педагогический вестник. 2011. № 3. Т. 2. С. 260-262.

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ ТИПОЛОГИИ ЗДАНИЙ СПАСАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ

Г.М. Кулигин, Н.В. Хомутова

Научный руководитель – **Н.В. Хомутова**,
кандидат архитектуры, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются художественные особенности и планировочные решения зданий экстренных служб. На основе этих особенностей и решений составляется архитектурная типология, в соответствии с тремя ключевыми оценочными критериями.

***Ключевые слова:** архитектурные особенности, типология, критерии оценки, служба спасения, пожарные депо*

FEATURES OF THE ARCHITECTURAL TYPOLOGY OF RESCUE SERVICE BUILDINGS

G.M. Kuligin, N.V. Khomutova

Scientific Supervisor – **N.V. Khomutova**, Candidate of Architecture,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Artistic features and planning solutions of emergency services buildings are considered. Based on these features and solutions, an architectural typology is compiled in accordance with three key evaluation criteria.

***Keywords:** architectural features, typology, evaluation criteria, rescue service, fire depots*

Здания экстренных служб должны отвечать всем функционально-планировочным требованиям, позволяющим оперативно реагировать на чрезвычайные происшествия, но зачастую остаётся без внимания образное решение архитектуры подобных объектов.

Со времён распада Советского Союза подход к проектированию зданий для служб спасения на территории России и стран СНГ остался

неизменным. Использование типовых массовых проектов без оглядки на среду городов создаёт ряд проблем, связанных с внешним обликом и функциональной структурой зданий.

В рамках исследования рассматриваются архитектурно-художественные решения и объёмно планировочные особенности зданий спасательных служб разных стран мира.

Целью исследования является анализ применяемых проектных решений и разработка новой типологии зданий служб спасения в России.

Изучив историю спасательных служб, архитектурно - пространственные и объёмно - планировочные решения в зарубежных странах, необходимо отметить следующее: в наше время при проектировании подобных объектов большое внимание уделяется созданию комфортных условий труда и жизни сотрудников, а также внешнему облику зданий, отвечающих современным требованиям архитектуры и градостроительства. Центром проектной композиции стали жилые, учебные и спортивные помещения, создающие для работников спасательной службы ощущение второго дома.

На основе полученных данных, была составлена типология зданий служб спасения, основанная на следующих критериях:

1. Композиционная структура
2. Функционально – планировочное решение
3. Образное решение

В зависимости от композиционной структуры, можно выделить следующие типы комплексов спасательных служб:

1) Закрытая композиция - композиция основана на формировании чёткой границы внутреннего и внешнего пространства, характеризуется ярко выраженным замкнутым периметром застройки.

1.1. Линейный объём, здание представляет единый модуль, развивающийся по одной оси в горизонтальном направлении (Пожарно-спасательная часть № 8, Санкт-Петербург, Россия)

1.2. Составной объём - несколько сопряжённых в основной массе объёмов (пожарная станция в Брандоне, Канада)

2) Полузакрытая композиция - внешнее пространство частично проникает внутрь периметра застройки

2.1. Фрагментированный объём, образующий курдонеры (Пожарная станция в Барселоне, Испания, "МЧС" Пожарная часть № 15, п. Горки-2, Московская область, Россия)

2.2. Периметральная композиция - формирует полузакрытое ограниченное пространство (Пожарная часть Уотерфорда, Ирландия)

3) Полуоткрытая композиция - объём, формирующий полуоткрытое пространство, где увеличивается количество визуальных связей с

примыкающими участками (Пожарная станция в Бергене, Норвегия)

4) Открытая композиция - пространство доминирует над массой комплекса отдельно стоящих объёмов (Пожарная станция Шарлеруа, Бельгия)

По функционально-планировочному решению, здания служб спасения бывают следующих типов:

1) Узкопрофильная служба спасения - состоит из одного ведомства и занимается определённым видом спасательных работ (Пожарная часть № 4, Сарагоса, Испания)

2) Служба спасения с тренировочной базой - к основной спасательной функции добавляется сопутствующая функция обучения и тренировок (пожарного депо для элитных сил Бруклина, Нью-Йорк, США)

3) Межведомственный комплекс - объединяет несколько спасательных служб в взаимосвязанную функциональной программой структуру (Центр общественной безопасности II в Округе Бронкс, Нью-Йорк, США)

4) Служба спасения и объект социальной или бытовой инфраструктуры - к основной функции здания, добавляется отдельная функция, не связанная с работой службы спасения (Здание пожарной охраны и муниципальных служб города, Мехелен, Бельгия)

В зависимости от стилистического решения и художественного оформления зданий экстренных служб, можно выделить такие образные решения как:

1) Контрастные - выражают свою функцию через внешний облик здания (пожарная станция Ричмонд, Канада)

2) Нейтральные (фоновые) – минимизируют воздействие на историческую среду, используя методы девизуализации и дематериализации (пожарная станция Вайнфельден, Швейцария)

3) Средовые - во внешнем облике используют синтез общего характера типологии зданий местности (Служба спасения в Антверпене, Бельгия)

4) Типовые - предусматривают массовое строительство с использованием простыми форм и минимизацией художественно – декоративных решений (Пожарная часть № 5, Ярославль, Россия)

Подводя итоги исследования, можно сказать, что преобладающей типологией зданий экстренных служб на территории России остаётся закрытая композиция, представленная линейным объёмом для узкопрофильного ведомства, с типовым решением внешнего образа.

Необходимо изменить сложившийся архаический подход к проектированию зданий экстренных служб, сформировать новую методологию проектирования, отвечающую современным эстетическим, функционально-планировочным и структурным требованиям, а также увеличить эсте-

тическое разнообразие образных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 380.1325800.2018 «Здания пожарных депо. Правила проектирования».
2. Пожарные депо // Журнал “Dezeen”. URL: <https://www.dezeen.com/tag/fire-stations/>, свободный
3. Пожарные станции. URL: <https://www.archdaily.com/search/all?q=FIRE%20STATION&page=2>, свободный
3. *Яргина, З.Н.* Эстетика города М.: Стройиздат, 1991. Т. 26. С. 5-59.
4. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Гражданские здания: учебник для вузов / под ред. А.В. Захарова. М. : Стройиздат, 1993. 510 с.

ЭКО-ОТЕЛЬ НА КРАЮ УТЕСА

П.Ю. Москвина, С.М. Максимов

Научный руководитель - **С.М. Максимов**,
кандидат архитектуры, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается создание органической архитектуры в горах с использованием местных материалов, возобновляемых источников энергии, выявление архитипов, взаимодействие природы и человека и их взаимное влияние друг на друга

***Ключевые слова:** органическая архитектура, эко-отель, человек и природа*

CLIFF-EDGE HOTEL

P.Y. Moskvina, S.M. Maximov

Scientific Supervisor - **S.M. Maximov**, Candidate of Architecture,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the creation of organic architecture in the mountains using local materials, renewable energy sources, the identification of archetypes, the interaction of nature and humans and their influence on each other.

***Keywords:** organic architecture, eco hotel, human and nature*

Окружающий мир – неиссякаемый источник энергии высоких вибраций. Единство природы и человека позволяет найти гармонию в себе и дает новые силы.

«Эко-отель на краю утеса» тема международного конкурса, выбранная для дипломного проекта.

Цель работы отражена и в названии: спроектировать экологичный отель на краю утеса Пиренейских гор в Испании, вблизи деревни Тавертет, Каталония.

Архитектура должна черпать вдохновение из природного окружения, гармонировать с ним, а посетители, останавливаясь в нем обрести чувство единства с природой, умиротворения и свободы.

С детства нам прививали бережное отношение к природе. Тема экологии, становится все актуальнее. Невозможно кардинально изменить уклад жизни: с завтрашнего дня весь мир будет экологичным, энергию будем получать от солнца и ветра, откажемся от пластика. Не каждый осознает важность сохранения и бережного отношения к природе, одни из основных задач эко-отелей заключаются в том, чтобы привить посетителям ответственное отношение и уменьшить негативное воздействие на окружающий мир.

«Мы в ответе за тех, кого приручили», но также мы в ответе и за то, где и как мы живем. Мы научились уважать личные границы друг друга, но редко задумываемся о последствиях безответственного отношения к природе.

Эко-отели находятся в природных зонах и способствуют единению человека и природы. В их строительстве используют природные местные материалы, возобновляемую энергию, сохраняют и повторно используют бытовые сточные воды, сами пекут хлеб и готовят из овощей, выращенных на собственных полях и огородах, используют многоразовые дозаторы вместо одноразовых пластиковых упаковок.

Создание таких отелей лишь маленький шаг к изменению мира.

Поскольку требованием к конкурсному проекту является создание экологичного отеля, который должен стать единым с окружающей природой, проектный анализ начался с определения основных архитипов на примере поселения Тавертет, изучения местных материалов, климата, растительного и животного мира.

Были выявлены следующие особенности застройки:

- Преобладание тектоники стены, в процентном соотношении: стена 70-75 %, декоративные элементы 15-20 %, оконные проемы 10 %

- Этажность не превышает 2-3 этажей

- Двускатные крыши с уклоном 15 °

Древесина, гранит, песчаник, известняк самые распространенные и легко транспортируемые материалы. Они находятся вблизи природного парка Гильерис и на всей территории Пиренейских гор. Для крыш используют глиняную черепицу.

Основная идея проекта заключается во взаимодействии двух образов: «деревни» и «гнезда ласточки». Территорию для проектирования можно условно разделить на две части: отвесную(нижнюю) и плато(верхнюю). Принцип формообразования вверху – «деревня», внизу – отдельные «домики» с включением скальных и известковых пород, напоминающих гнезда ласточек, расположенных на утесе. Необходимо бе-

режно относиться к окружающей застройке и природе, поэтому образ «деревни» не должен абсолютно полностью копировать то, что есть. Здание отеля не просто приспособливаем, а создаем новое представление о органически вписываемой архитектуре. Для этого основой формообразования фасадов, выходящих на дорогу, становятся пропорции, масштабность существующих традиций испанской застройки, а современные элементы и материалы располагаются на противоположной стороне. В процентном соотношении изменяется преобладание тектоники стены над оконными проемами, открываются панорамные виды на окружающие горы.

Здание отеля относительно дороги можно разделить на правое (административное) и левое (жилое) крыло, которые соединяет стеклянная галерея, ведущая во внутренний двор и к внешнему лифту. Наземная часть лифта представлена в виде затопленной церкви Сан Рома де Сау. Храм был затоплен вместе с деревней в результате строительства водохранилища в 1960 г.

Справа от галереи, располагается ресторан, административный корпус с зоной ресепшна с большим холлом, гардеробными, в которых хранятся вещи, на первом этаже и административными помещениями на втором. После расселения вещи спускают на лифте в «домики», расположенные на утесе. Опоры сооружений, вставленные в скалу, скрываем, чтобы не нарушать естественный рельеф.

Помимо лифта можно спуститься по лестницам, останавливаясь на смотровых площадках на каждом из десяти уровней. Смотровые площадки повторяют очертания скалы, развиваясь в горизонтальном направлении. Таким образом, композиция развивается в двух направлениях: усиливая горизонтальное залегание слоев и вертикальное отвесное развитие.

Экологичным отель является не только потому что находится высоко в горах и вдали от шумных городов. На территории отеля можно выращивать травы, овощи, также энергетическое снабжение получают от солнца и ветра. Для этого солнечные батареи используются как элемент декора на фасадах, а ветрогенераторы, расположенные вблизи отеля, преобразуют энергию горного ветрового потока в механическую, а затем и электрическую.

Архитектура отеля не является прямым копирование традиционных образов испанской застройки, это архитектура, отражающая особенности местной природы с использованием тех же строительных материалов, но и с привнесением нового в старую структуру и являлось новым, гармоничным.

Ещё героиня пьесы Островского, написанная 160 лет назад, мечтала о свободе. «Отчего люди не летают так, как птицы? Когда стоишь на горе, так тебя и тянет лететь». Оказавшись вдали от шумного города, его

суматохи, на высоте восьмьсот метров все воспринимается иначе, здесь обретаешь чувство умиротворения и спокойствия, посетители словно птицы воспаряют над прекрасными видами, ощущая величие и красоту природы, воспринимая себя лишь маленькой и беспомощной частью этого мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Суворова, И.Н.* Сущностные характеристики и практические особенности функционирования эко-отелей // Российское предпринимательство. 2016. Т. 17. № 22. С. 3231–3240.
2. *Антуан де Сент-Экзюпери.* Маленький принц / Пер. М. Кожевникова. ООО Издательство АСТ, 2015. 53 с.
3. *Островский, А.Н.* Гроза. Действие первое, явление седьмое. URL: <https://ilibrary.ru/text/994/p.1/index.html> , свободный.

ФОРМИРОВАНИЕ ГИКАМИ ВИРТУАЛЬНОЙ ИГРОВОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МИРОВУЮ КУЛЬТУРУ

В.Д. Спиренко, Е.В. Сеницына

Научный руководитель - **Е.В. Сеницына**, канд. ист. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются формирование и историческое развитие субкультуры гиков. Как субкультура стала «целой культурой» современного человечества и как осуществляет перенос досуга в виртуальные архитектурные пространства.

Ключевые слова: *Виртуальная и искусственная архитектурная среда, игровой дизайн, субкультура гиков, гик-культура, цифровизация, информационное устройство общества*

THE FORMATION OF A VIRTUAL GAMING ARCHITECTURAL ENVIRONMENT BY GEEKS AND THEIR INFLUENCE ON WORLD CULTURE

V.D. Spirenkov, E.V. Sinitsyna

Scientific Supervisor - **E.V. Sinitsyna**, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The paper examines a formation and historical development of the geek subculture. How the subculture has become the "whole culture" of modern humanity and how it carries out the transfer of leisure into virtual architectural spaces.

Keywords: *Virtual and artificial architectural environment, game design, geek subculture, geek culture, digitalization, information structure of society*

Нынешнее информационное общество, сформированное гиками, подразумевает под собой колоссальный спрос на создание виртуальных архитектурных пространств, в которых могут проводить досуг люди. Искусственная среда имеет ряд преимуществ перед реальной, физической средой. Возможность создавать, что угодно, не считаясь с финансовыми,

ресурсными затратами и законами физики позволяет создавать самые сложные объёмно-пространственные композиции, в которых не нужно учитывать конструкцию, а можно сконцентрироваться на форме и функции.

Английское слово «geek» изначально обозначало цирковых артистов, которые устраивали самые странные представления на сцене, например, откусывали головы курицам. Данное определение слова закрепил Уильям Линдсэй Грешам в романе «Аллея кошмаров» (1946). В Оксфордском словаре говорится, что в то время слово имело значение «foolish», «awkward», «silly».

С течением времени, гиками стали называть людей с самым низким социальным статусом.

В XX в. определение слова начинает кардинально меняться. В начале века им называют людей, которые фанатеют от больших литературных произведений. В глазах большинства, такие люди были странными занудами из «низов».

Уже в 1930-е гг. гики начинают образовывать фандомы. Самым известным считается Science Correspondence Club. В 1934 г. сообщество расширилось до Лиги научной фантастики. Участники Лиги обменивались литературой по научной фантастике, общались и делились мнениями и эмоциями.

Фандомы начинают образовываться вокруг теле- или радиопрограмм, книг и фильмов.

Самую важную роль в развитии субкультуры гиков сыграла цифровизация. Гики, которые привыкли переноситься в фантастические и фэнтезийные миры, быстро приспособились к интернету и компьютерным технологиям. Интернет-пространство позволяет им свободно общаться. Они находят безопасное место, где их не смогут осудить за странные поведение и увлечение.

Изначально асоциальные гики образуют гигантские сообщества, привлекая новых сообщников.

Приспособленность гиков к современным технологиям приводит к тому, что гики начинают работать в сфере технологий и развлечений. Они находят всевозможные векторы развития.

Все крупные IT-корпорации основали гики: Стив Джобс, Билл Гейтс, Илон Маск и др. «Иконы успеха» – это бывшие представители «низших слоев общества». Меняется мнение людей о гиках, теперь это один из признаков успеха.

Меняется эмоциональный окрас слова с негативного на положительный.

В сфере развлечений «зануды» начинают делать контент для гиков. Американское телевидение 70-90-х гг. формирует современный об-

раз гика: занудный, зажатый, неуверенный. Как правило, он работает программистом или учёным.

Гик-аудитория была более экспертной на фоне рядового зрителя, поэтому авторы контента могли получать структурированную обратную связь от потребителей. Гики хорошо ориентировались в жанрах и произведениях, так что их очень ценили создатели медиа.

В 2007 г. выходит сериал «Теория большого взрыва», который успешно продвигает и романтизирует быт гиков-учёных. Быть гиком становится модно.

Два этих фактора превращают субкультуру в общую глобальную культуру. Хотя гик-сообщество развивалось только на территории США, американизация распространила принципы субкультуры по всему миру.

То, что раньше считалось нонконформизмом, теперь стало абсолютным конформизмом.

С 2010^x все крупные бренды начинают работать на аудиторию гиков. Они создают свою философию бренда, вымышленные вселенные, чтобы человек погружался в этот мир и находился там постоянно.

Сейчас кинематографические вселенные Marvel и DC обладают практически всеми умами зуммеров и миллениалов. Но это касается не только индустрии развлечений. Например, минималистичная философия бренда Apple – своеобразная вселенная для гиков, куда можно погрузиться.

Гик-сообщество сформировало современное устройство мира. Симбиоз капитализма и субкультуры сформировал потребительские привычки и желания людей. Гик-культура установила «монополию», так или иначе, теперь почти каждая субкультура содержит в себе принципы geek-философии.

Гик-культура – это совокупность субкультур информационного устройства общества. Отличительной чертой представителей культуры является увлеченность виртуальными мирами, что отражается на образе жизни и самоидентификации человека.

Это определение можно назвать полным и окончательным на настоящий момент.

Гики формируют культурное пространство, где векторы развития могут быть направлены в совершенно разные стороны. От графического до архитектурного дизайна – всё подчиняется общим законам «погружения» гиков в вымышленные вселенные. Спрос заставляет компании создавать подобную продукцию и товары.

Здесь проявляется выгода виртуальных проектов. Сейчас виртуальная продукция стоит также, как и физическая, а иногда и дороже. Тем самым, игровое пространство является самым быстрым и эмоциональным перемещением в иную реальность.

Подобная тенденция полного переноса жизни в виртуальное пространство сподвигла крупные IT-компании развивать метавселенные. Здесь архитекторы способны создавать самостоятельно, без помощи инженеров, самые удивительные проекты, которые будут оказывать самое мощное эмоциональное воздействие на человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. 70 главных явлений гик-культуры // Журнал «Афиша». URL: <http://mag.afisha.ru/stories/70-glavnyh-geroev-veshej-i-yavlenij-gik-kultury/videoigry-i-kino/>, свободный (дата обращения: 16.01.2023).
2. Geek culture: Toward a better definition // SLATE. URL: <https://slate.com/technology/2014/09/geek-culture-toward-a-better-definition.html>, свободный (дата обращения: 16.01.2023).

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГОРОДА БУДУЩЕГО

Т.В. Цветкова, С.М. Максимов

Научный руководитель - **С.М. Максимов**, кандидат архитектуры,
доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются история появления и развития городов, этапы их реорганизации, в том числе, проекты идеальных городов. Важное внимание уделяется структуре города, ее основным элементам – узлам, транспортным связям. Выделяются основные принципы при реконструкции города и создании новых узлов и каркаса.

Ключевые слова: идеальный город, узлы, транспортная структура, генетический код, реконструкция

PRINCIPLES OF THE FORMATION OF THE IDEAL CITIES OF THE FUTURE

T.V. Tsvetkova, S.M. Maksimov

Scientific Supervisor - **S.M. Maksimov**, Candidate in Architecture,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article examines the history of the emergence and development of cities, the stages of their reorganization, including projects of ideal cities. Important attention is paid to the structure of the city, its main elements – nodes, transport links. The basic principles for the reconstruction of the city and the creation of new nodes and framework are highlighted.

Keywords: ideal city, nodes, transport structure, genetic code, reconstruction

Каждый город – это организм. "Он зарождается, развивается, стареет и, вероятно, умирает..." [1].

В настоящее время город переживает кризис, он находится на пороге нового этапа развития. Город является средством хранения и пере-

дачи культурной информации, поэтому так важно сохранить его историю и генетический код.

Целью данной научной статьи является определение принципов формирования и реконструкции современного города.

Город начинается с «точки» на карте, расположенной на пересечении водных или сухопутных путей, либо с «места силы», куда по мере освоения новых территорий прокладываются дороги. Прообразом города можно считать монастырь. Он окружен стенами или же расположен на острове, изолировавшись от внешнего мира. Внутри монастыря существует своя иерархия расположения построек, как существует иерархия между соседними монастырями. Чем выше сооружение, тем большую площадь влияния вокруг себя оно охватывает и тем выше его статус как точки притяжения. Нельзя не отметить, что за счет возвышения храма над общим уровнем построек существует визуальная связь между соседними храмами, они служат своего рода маяками, визуальными ориентирами в бескрайнем пространстве.

Затем вокруг монастырей образовывались села с менее значимыми храмами, а вокруг сел – деревни. Эта система напоминает ступки энергии, которая расходится от центра и все более слабеет к периферии.

Первые города застраивались по нерегулярному плану, но с четкой иерархией расселения и центром – культовым сооружением или цитаделью. Регулярная планировка начала зарождаться в Древнем Египте и Месопотамии, затем получила развитие в Древней Греции и Риме с появлением Гипподамовой системы и опытом строительства военных лагерей. Зарождаются первые общественные пространства – агора, форум, которые постепенно начинают встраиваться в регулярную схему города, находясь на пересечении основных транспортных связей.

С переуплотнением городов происходит новый этап развития города. В эпоху Возрождения города упорядочиваются, улицы расширяются и спрямляются, их перспективы устремляются на важные узлы планировочной структуры. Появляются новые значимые культурные и общественные объекты – площади, бульвары, дворцы с внутренними дворами.

Храмы вплоть до промышленной революции XIX-XX веков остаются главными визуальными ориентирами и точками притяжения, располагаясь на возвышении или выделяясь по высоте среди общей застройки.

Практически повсеместное развитие индустриального производства спровоцировало приток сельского населения в города, начался новый этап их реконструкции. Город стал четко спланированным единым «механизмом», делился на функциональные зоны так, чтобы жилые кварталы располагались в удобной близости от производства, но при этом были отделены от него зеленой защитной полосой. С появлением новых технологий в строительстве стало возможно развивать город не только в гори-

зонтальной плоскости, но и в вертикальной: появились первые высотные здания. Они стали новыми визуальными ориентирами, увеличив общую высоту застройки и затмив собой храмы.

В советское время из растражированных многоэтажных домов образовались микрорайоны. При этом нарушилась замкнутость кварталов, что привело к хаотичности застройки, улица с общественной функцией на первых этажах была утрачена [2]. «Квартал умер, появился микрорайон» [1]. Кроме того, в советской Москве появились новые, культовые для того времени, здания - сталинские высотки. Они превосходили по высоте окружающую застройку, имели четкую расстановку на плане города и являлись символом отмены одной религии и зарождения другой – культа вождя. Высотки, по сути, заменили храмы, став новыми визуальными ориентирами города.

В настоящее время развитие скоростного транспорта еще дальше раздвинуло границы городов. Микрорайоны, или спальные районы, продолжают строиться, но проблемы советских микрорайонов не исправили, а скорее усугубили. «Микрорайон - территория без прошлого» [1]. Он не обладает ни исторической, ни культурной ценностью. Соответственно, у микрорайона нет будущего. Появляется все больше небоскребов, среди них выделяется комплекс «Москва Сити», ставший, своего рода, новым современным храмом – храмом бизнеса. Он является ключевым узлом, точкой притяжения и визуальным ориентиром современной Москвы.

В настоящий момент разрабатываются проекты создания «хорд» Москвы – скоростных магистралей в объезд исторического центра, связывающих ключевые направления и узлы города.

Следует также рассмотреть проекты идеальных городов. Они подразумевают строительство города, ограниченного стенами и не предполагающего дальнейшего развития, на новом, чистом месте. Проекты эпохи Возрождения, Лучезарный город Ле Корбюзье, проекты идеальных городов будущего – все они утопичны. Они не предполагают возможности роста, помещают людей в «идеальные» условия, которые не увязываются с образом их жизни. Но этим проектам присущи определенные принципы: регулярная планировка, создание транспортных связей, соединяющих узлы, иерархичность, централизация и четкое зонирование. В этих проектах чувствуется свободомыслие и своеобразная духовность.

Исходя из анализа исторического развития городов, можно выделить ключевые элементы в структуре любого города: каркас и узлы. Каркас – это транспортные и пешеходные связи города. Узлы – это места пересечения путей и сосредоточения функций. Это наиболее значимые религиозные, общественные, культурные, производственные центры города, его точки притяжения [4].

По мере увеличения физических размеров города происходит функциональная и транспортная перегрузка его главных центров, темпы роста замедляются. В это момент необходима структурная реорганизация системы города [3]. Прокладывается новая транспортная сеть, на месте пересечения ключевых магистралей возникают новые узлы. Также узлы образуются в местах соединения «старого» города и «нового» [3].

Ключевым при создании нового узла является размещение духовной, культурной, социальной функций, а также создание мест приложения труда. Место духовного притяжения не обязательно должно быть связано с религией. Скорее это новый центр «духовности» - моральных ценностей и традиций, место, которое объединяет людей. Новыми центрами духовности могут стать исторические комплексы, культурные музеи, туристические центры – места, где есть история. Узлы отмечаются визуальными ориентирами – объектами, преобладающими по высоте или по массе над окружающей застройкой и упорядочивающие ее. Чем более значимый объект, тем больше становится коэффициент его соотношения с застройкой и тем более ярким визуальным ориентиром он является.

Не следует забывать об историческом центре, так как его утрата может нанести серьезный урон его функциональному содержанию. Городской центр должен отвечать специфическим потребностям различных групп населения, быть сосредоточием активности и обмена [3].

При реконструкции нельзя забывать про генетический код города. Он продолжает воздействовать на развитие планировки, хотя породившие его факторы уже утратили свое значение [3]. Узлы каркаса, как старые, так и новые, не дадут оборваться генетическому коду.

Единственный возможный вариант реконструкции города – это трансформация его плана в соответствии с новыми условиями, транспортными возможностями, потребностями развития и в тех пределах, в каких это не противоречит генетическому коду [3], а также способствует культурному и духовному обогащению города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ревзин, Г.И.* Как утроен город: 36 эссе по философии урбанистики. - М.: Strelka Press, 2019. 270 с.
2. Градостроительство СССР 1955-1970. URL: https://ussr.totalarch.com/general_history_architecture/1955_1970/town, свободный (дата обращения: 20.02.2023).
3. *Гутнов, А.Э.* Эволюция градостроительства. М.: Стройиздат, 1984. 256 с.
4. *Линч, К.* Образ города / Пер. с англ. В.Л. Глазычева; Сост. А.В. Иконников; Под ред. А. В. Иконникова. М.: Стройиздат, 1982. 328 с. Перевод изд.: *The Image of the City / Kevin Lynch.* The M. I. T. Press.

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ЭКОТУРИЗМА

Е.М. Чистякова, Е.В. Митрофанова

Научный руководитель - **Е.В. Митрофанова**,
кандидат искусствоведения, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается значимость экотуризма в современных реалиях, важностью развития загородных рекреационных зон с туристической функцией в России. Выделяются основные подходы к проектированию экосреды.

***Ключевые слова:** экотуризм в России, экосреда, проектирование экотуристического пространства*

FORMATION OF THE URBAN ENVIRONMENT OF ECOTOURISM

E.M. Chistyakova, E.V. Mitrofanova

Scientific Supervisor - **E.V. Mitrofanova**, Candidate of Art History,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article examines the importance of ecotourism in modern realities, the importance of the development of suburban recreational areas with a tourist function in Russia. The main approaches to the design of the eco-environment are highlighted.

***Keywords:** ecotourism in Russia, eco-environment, ecotourism space design.*

Всё больше жители России: туристы, владельцы территорий и инвесторы обращают внимание на географические особенности именно нашего государства, на поражающие своей красотой леса, поля, реки и озёра. Живописные просторы заново открывают для себя многие туристы регионов нашей страны. Мы можем уверенно констатировать тот факт, что из-за роста внутреннего туристического потока не хватает ни отелей, ни баз отдыха, ни кемпингов, ни благоустроенных территорий.

Экономически востребованными становятся наиболее бюджетные, по смыслу и быту простые утилитарные жилища на лоне природы, сде-

ланные в рациональном ключе из простых материалов. На смену модным ещё двадцать лет назад фешенебельным отелям, приходят простые экологичные домики. Всё больше людей не только в силу своего экономического положения, но и в силу культурной и трендовой заинтересованности обращаются к эко-поселениям. Открыт новый формат природопользования - путешествие по бескрайним просторам нашей родины с пользой для здоровья и с творческим развитием. Территории становятся местами проведения различных арт-презентаций, представлений, музыкальных концертов на свежем воздухе.

Прекрасными примерами, ставшими культурным достоянием средней полосы России, являются такие экопарки, как: «Никола-Ленивец» - крупнейший арт-парк под открытым небом на территории Европы, «Кудыкина гора» на берегу реки Дон, парк «Лога» в Ростовской области, этнографический парк-музей в Калужской области «Этномир». Аналитика практической стороны вопроса показывает, что в выходные круглый год и ежедневно в летние месяцы на данных пространствах нет свободных мест для поселения.

Существует несколько определений понятия «экотуризм», большинство имеющих природоохранное значение. Экологический туризм (экотуризм) подразумевает отдых в сельской местности с организацией экскурсий по природным территориям, не нарушающим целостности экосистемы.

Концепция экотуризма несёт в себе большую социокультурную нагрузку: сохранение и популяризация специфического сельского образа жизни и традиционной культуры народов России. По мнению некоторых исследователей, экотуристический сектор может способствовать устойчивому развитию сельских поселений. Согласно данным информационных ресурсов, за последние 20 лет с карты исчезли 37 тыс. деревень и сёл. Это огромный урон для страны, так как с разрушением села теряется духовная основа нашего государства. Отличительная черта сельской местности - мощный природный, демографический, экономический и историко-культурный ресурс.

Для создания экспериментальной площадки, на которой подразумевается размещение эко-поселения, базы отдыха, выбирается с точки зрения потенциала места ничем не примечательная территория, что специально планируется, так как создаётся уникальная разработка, для любой относительно стандартной территории. Место должно иметь непосредственную близость к уже существующему населенному пункту, что в свою очередь отвечает требованиям к проектируемой территории: наличие некоего минимального набора важнейших функций, именно которыми обладает село или деревня как социально-территориальная подсистема общества:

1. Производственная функция;
2. Демографическая функция;
3. Трудоресурсная функция – привлечение трудоспособного сельского населения;
4. Социально-культурная функция – поддержание национального духовного менталитета и специфического сельского образа жизни;
5. Природоохранная функция – сохранение и восстановление потенциала живой природы, а также защита природных и культурных ландшафтов;
6. Жилищная функция – наличие жилых домов;
7. Рекреационная и агрорекреационная функция – размещение дач и садово-огородных участков горожан в сельской местности;
8. Пространственно-коммуникационная функция – размещение и обслуживание дорог, линий связи, электропередачи, водопроводов и прочих инженерных коммуникаций;
9. Социальный контроль над территорией – обеспечение общественного порядка и безопасности.

На этом основании берётся площадка, которая удовлетворяет условия минимального наличия, остальные элементы привлекательности создаются с точки зрения креатива на основе аналогов, опыта уже существующих эко-парков. Создание эко-среды исходит из основных принципов, методик проектирования ландшафтных, рекреационных и арт-территорий. Уникальность данной работы в том, что в качестве территории может быть взят любой участок со схожим наличием ресурсов. Какие-то принципы могут быть добавлены, какие-то отменены.

В нашей работе рассматриваются схемы создания среды и пространства, привлекательные с эстетической, архитектурной и функциональной точек зрения. Среди подходов к проектированию архитектурно-градостроительной экосреды хочется отметить:

1. Территориально-планировочный подход. Выявление новых возможностей использования сельской местности для обеспечения комплексного развития территории.

1.1. Выявление близлежащих природных и историко-культурных объектов для экскурсионного показа;

1.2. Организация экотроп для распределения пешеходных потоков.

2. Функциональный подход. Повышение качества, эффективности и безопасности экотуристической деятельности.

3. Комплексный подход. Производится на основе комплексной оценки рекреационно-ландшафтного потенциала территории.

4. Социологический подход. Опрос местного населения, сбор информации о территории, выбранной для проектирования, всесторонний

анализ. Опрос посетителей экопарка после пробного внедрения в сельскую местность новой функции.

На основе выявленных подходов создания экосреды определены следующие принципы: доступность, информативность, сценарность, комфортность и экологичность.

На первоначальном этапе моделирования территории проводится поверхностный анализ территориально-планировочного развития. Функциональный подход становится основой логически правильного и эффективного распределения пространства, позволяя разбить огромную территорию на смысловые зоны с уникальными сценариями.

В заключение хочется сказать, что значимость разрабатываемого проекта связана с важностью развития загородных рекреационных зон с туристической функцией в России. Они должны обеспечивать достойные и комфортные условия для пребывания посетителей и их привлечения.

Цель данной работы – благоустройство очаровательных обширных российских территорий, превращение их в действительно достойные экокластеры для времяпровождения жителей, а также приезжих из других регионов, из-за границы туристов. Эстетический потенциал наших природных красот недостаточно раскрыт во множестве из-за того, что утилитарно-бытовые условия проживания слабо развиты на той или иной конкретной территории.

Развитие экотуризма в сельской местности является социально значимой сферой деятельности, способствующей устойчивому развитию деревенских территорий: развитию инфраструктуры, улучшению качества жизни, увеличению доходов местного населения, созданию рабочих мест, а также сохранению традиций и культуры, поддержанию экологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2020. URL: <https://pandia.ru/text/80/164/32784-14.php> , свободный (дата обращения: 20.02.2023).
2. *Деточенко Л.С.* Сельский туризм в России. Возможности и перспективы // Туризм: практика, проблемы, перспективы. 2004. № 6.
3. *Уланов, Д.А.* Туризм на сельских территориях: опыт, проблемы, перспективы // Молодой ученый. 2013. № 6 (53). С. 455-459. URL: <https://moluch.ru/archive/53/7225/> , свободный (дата обращения: 07.03.2023).
4. *Агаларова, Е.Г.* Особенности формирования агротуристического рынка в России / Е.Г. Агаларова, Е.А. Косинова // Молодой ученый. 2012. № 11 (46). С. 140-143. URL: <https://moluch.ru/archive/46/5742/>, свободный (дата обращения: 07.03.2023).

МЕМОРИАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА. ОТ МЕТАФОРЫ К МЕТАФИЗИКЕ

А.В. Шахалов, Е.В. Митрофанова

Научный руководитель - **Е.В. Митрофанова**,
кандидат искусствоведения, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассматривается ослабление влияния метафоры на формирование мемориальной архитектуры. Переход к эстетике хаоса и воплощение метафизических образов.

Ключевые слова: метафора, метафизика, мемориальная архитектура

MEMORIAL ARCHITECTURE. FROM METAPHOR TO METAPHYSICS

A. V. Shakhlov, E. V. Mitrofanova

Scientific Supervisor - **E. V. Mitrofanova**, Candidate of Art History,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The weakening of the influence of metaphor on the formation of memorial architecture is considered. Transition to the aesthetics of chaos and the embodiment of metaphysical images.

Keywords: metaphor, metaphysics, memorial architecture

Мемориальная архитектура имеет многовековую историю. Греко-римское античное искусство превращало реальные события и реальных личностей в мифы, а мифические истории и фантастические персонажи в античных произведениях становились фактами реальных событий и земными людьми - реалистичными персонажами. Мифотворчество мемориального античного искусства создавалось в жанре предельного реализма и воплощенного натурализма средствами прямых и непосредственных метафор. Антропоцентризм метафорических образов мемориального искусства и архитектуры был сутью формотворчества эпохи Ренессанса,

классицизма и неоклассицизма, реализма, гиперреализма и неореализма нашего времени.

В конце прошлого века тотальное доминирование реалистичного жанра мемориальной архитектуры, основанного на простых и непосредственных метафорах, начинает ослабевать и исчезать. Метафорические образы, говорящие всем об одном и том же, заменяются на метафизические, обладающие большей силой обобщения и говорящие всем об одном и том же и каждому о своём. В мемориальном искусстве и архитектуре появляется новый жанр, основанный на эстетике хаоса и воплощающие метафизические образы стихий земли, воды, ветра-воздуха, огня и жизни: деконструктивизм. Воплощение метафизических образов осуществляется средствами параметрической архитектуры, фрактальной геометрии, волновыми аттракторами и ландшафтами (П. Айзенман, З. Хадид, Д. Либескинд, Б. Ингельс, О. Декк, Снохетта). Вместе с тем, новое воплощение получили эстетические принципы рационализма и супрематизма с их абстрактными метафизическими образами элементаризма, неоконструктивизма, денди-пуризма и необрутализма (Р. Майер, П. Цумтор, О.М. Унгерс, Г. Бём).

Переход от метафоры к метафизике, от конкретного к абстрактному, от частного к общему при создании образов мемориальной архитектуры обусловлен рядом факторов:

- ослаблением влияния традиционных символов, в том числе – символов веры;
- стремлением к философскому осмыслению и эстетическому обобщению исторических событий и современных явлений;
- актуализацией смыслов таких категорий общественного сознания как героизм, мужество, сила, подвиг, торжество – триумф, радость – ликование, гибель, горе;
- трансформацией локальных и национальных метафор в мировые – общечеловеческие и глобальные смыслы и образы: Добро и Зло, Свет и Тьма, Жизнь и Смерть, Взлёт и Падение, Начало и Конец, Покой, Бесконечность и Вечность.

Возрастающая роль метафизических образов в формировании мемориальной архитектуры во многом объясняется всё большей временной отстранённостью творческих осмыслений от минувшего, растущей временной дистанцией между прошлым и настоящим: большое видится на расстоянии, а мимолётное отражение бытия - в разбитом зеркале реальности. Наиболее многозначно и многослойно метафизические образы мемориальной архитектуры воплощаются в деконструктивистских пространствах – open space. В таких объектах человек может не только их созерцать извне, но и находиться внутри этих пространств, становясь их

частью погружаться физически в их сценарий, в драматургию их пространства. (P. Aisenman, D. Liebeskind, P. Zumtor, J.H. von Reuss).

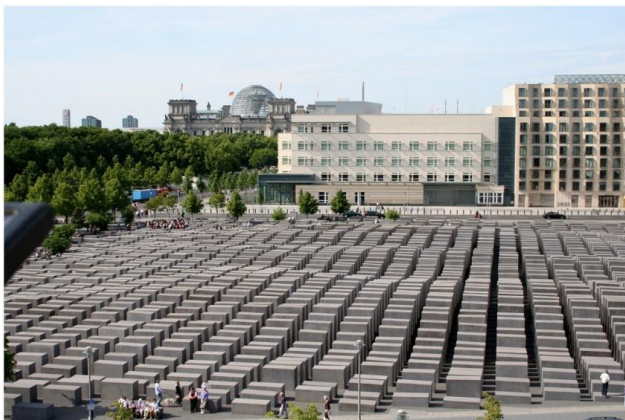


Рис. 1. Мемориал жертвам Холокоста, Берлин (П. Айзенман)



Рис. 2. Мемориал жертвам Холокоста, Кассель (Э. Р. Неле)



Рис. 3. Мемориал жертвам Холокоста, Оттава (Д. Либескинд)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бычков, Ю.А.* Житие Петра Барановского: архитектор-реставратор. М.: Сов. Россия, 1991. 174 с.
2. *Кедринский, А.А.* Основы реставрации памятников архитектуры. Обобщение опыта школы ленинградских реставраторов : учеб. пособие. М. : Изобр. искусство, 1999. 183 с.
3. *Лазарев, А.А.* Справочник архитектора / А. А. Лазарев, А. Г. Лазарев, Е. О. Кудинова ; под общ. ред. А. Г. Лазарева. 3-е изд., испр. Ростов н/Д: Феникс, 2009. 393 с.
4. *Бархин, Б.Г.* Методика архитектурного проектирования : учеб.-метод. пособие для вузов. 3-е изд., перераб и доп. М. : Стройиздат, 1993. 439 с.

**СЕКЦИЯ
«СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ»**

УДК 53.089.6

**О РАСШИРЕНИИ ОБЛАСТИ АККРЕДИТАЦИИ
ПОВЕРОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

И.Н. Соколова, А.П. Чирков

Научный руководитель – **А.П. Чирков**, д-р. техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются основные результаты анализа нормативных документов по аккредитации предприятия на право поверки средств измерений и разработки процедур подготовки и прохождения всех этапов расширения области аккредитации.

***Ключевые слова:** поверка средств измерений, область аккредитации*

**ON EXPANDING THE SCOPE OF ACCREDITATION
OF THE VERIFICATION LABORATORY**

I.N. Sokolova, A.P. Chirkov

Scientific Supervisor – **A.P. Chirkov**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The main results of the analysis of regulatory documents on the accreditation of an enterprise for the right of verification of measuring instruments and the development of procedures for the preparation and passage of all stages of expanding the scope of accreditation are considered.

***Keywords:** verification of measuring instruments, scope of accreditation*

Совершенствование метрологического обеспечения предприятия требует освоения новых видов измерений, приобретения новых средств измерений. Метрологическая служба предприятия, аккредитованная на право поверки, для получения права поверять новые средства измерений,

метрологические характеристики которых выходят за рамки области аккредитации (диапазон измерений, параметры точности) должна пройти процедуру расширения области аккредитации.

Порядок расширения области аккредитации представлен в приказе №707 «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации» [1], а также в СМ № 03.1-9.0005 «Схема аккредитации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, выполняющих работы и (или) оказывающих услуги по поверке средств измерений, в национальной системе аккредитации» [2].

Расширение области аккредитации начинается с подачи в Федеральную службу по аккредитации (Росаккредитация) заявления. К заявлению должны быть приложены следующие документы: руководство по качеству, сведения о сотрудниках, об оснащенности эталонами единиц величин и(или) средствами измерений, об испытательном оборудовании, документы, подтверждения права заявителя на эталоны, помещения, оборудование, сведения о помещениях, в которых проводится поверка средств измерений.

Этапы процедуры расширения области аккредитации аналогичны процедурам, выполняемым при аккредитации. Основные этапы процедуры аккредитации с указанием сроков их выполнения, регламентированных Росаккредитацией [3], приведены на рис. 1.



Рис. 1. Этапы процедуры аккредитации поверочной лаборатории

При положительном заключении экспертной комиссии принимается решение о расширении области аккредитации, что отражается во ФГИС Росаккредитации и заявителю выдается новая область аккредитации.

Задача предприятия, претендующего на расширение области аккредитации, своевременно и качественно выполнить подготовку документов, подтверждающих наличие условий для поверки средств измерений, и компетентно подтвердить способность выполнения этой деятельности в новых условиях. Качественное выполнение этих требований позволит предприятию получить возможность самостоятельно поверять средства измерений, имеющие более высокие метрологические характеристики, необходимые для освоения новых технологий, повышения качества выпускаемой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства экономического развития РФ от 26.10.2020 № 707 «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации». URL: <https://docs.cntd.ru/document/566305944>
2. СМ № 03.1-9.0005 «Схема аккредитации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, выполняющих работы и (или) оказывающих услуги по поверке средств измерений, в национальной системе аккредитации». URL: <https://docs.cntd.ru/document/728388193>
3. Административный регламент по предоставлению Федеральной службой по аккредитации государственной услуги по аккредитации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в национальной системе аккредитации, расширению, сокращению области аккредитации, подтверждению компетентности аккредитованных лиц, прекращению действия аккредитации, внесению изменений в сведения реестра аккредитованных лиц. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542672454>

О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ПРОДУКЦИИ С УЧЕТОМ ИНФОРМАЦИИ О НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

В.Р. Сапогов, А.П. Чирков

Научный руководитель – **А.П. Чирков**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

Приведены основные сведения о неопределенности измерений и показаны возможности её учета для повышения достоверности принимаемых решений по результатам испытаний продукции.

Ключевые слова: испытания продукции, неопределенность измерений

ABOUT THE ADVANTAGES OF EVALUATING THE RESULTS OF PRODUCT TESTS TAKING INTO ACCOUNT INFORMATION ABOUT MEASUREMENT UNCERTAINTY

V.R. Sapogov, A.P. Chirkov

Scientific Supervisor – **A.P. Chirkov**, Doctor of Technical Sciences,
Professor

Yaroslavl State Technical University

The basic information about measurement uncertainty is given and the possibilities of its accounting are shown to increase the reliability of decisions made based on the results of product tests.

Keywords: product testing, measurement uncertainty

Испытания проводятся с целью определения действительного значения конкретных параметров испытываемой продукции. Это необходимо для обеспечения оценки ее качества. Результат измерений является случайной величиной и их неопределенность отражает отсутствие точного знания истинного значения измеряемой величины.

Традиционно результат измерения (x) сравнивается с полем допуска - интервалом допустимых значений. Если значение, полученное в ходе

измерений, попадает в допуск, то объект измерений считается соответствующим требованиям. Однако, отсутствие точного знания истинного значения измеряемой величины является источником риска принятия ложноположительных или ложноотрицательных решений, или так называемых ошибок первого и второго рода.

Существуют руководящие документы, касающиеся вопросов формулирования правил принятия решения при оценке соответствия, которые предусматривают учет неопределенности измерений. В частности, в ISO 14253-1 [1] приведены рекомендации по документированию выбранного правила принятия решения и по описанию роли неопределенности измерения при установлении приемочных границ.

В JCGM 106:2012 [2] отмечено: «Измерение, выполняемое в качестве этапа оценки соответствия, направлено на то, чтобы получить информацию, достаточную для принятия решения с приемлемым уровнем риска. Подходящая методика выполнения измерений будет уравнивать затраты на уменьшение неопределенности измерения с прибылью от получения более достоверных знаний об истинном значении измеряемой величины.»

В соответствии с [3] неопределенность измерения трактуется как «неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании используемой информации». Этим документом, определено, что информация о входной величине в модели измерений может быть получена из повторных показаний (оценивание неопределенности по типу А) или из обоснованных суждений на основе имеющихся данных о возможных значениях этой величины (оценивание неопределенности по типу В).

Тип неопределенности А предполагает использование статистических методов оценки погрешности измерения: расчет математического ожидания, дисперсии и среднеквадратического отклонения, выбора доверительной вероятности и закон распределения случайной величины. Стандартная неопределенность по типу А вычисляется по формуле:

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}, \quad (1)$$

где x_i – i -тый результат измерений, n – число результатов измерений.

Тип неопределенности В включает в себя определение неопределенности по характеристикам, взятым из паспорта на прибор, методик выполнения измерений, из предыдущих экспериментов, из справочников и т. д.

Стандартная неопределенность по типу В (на примере неисключенной систематической погрешности для симметричных границ) вычисляется по формуле:

$$u_B = \frac{b}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

Полученные значения неопределенности типа А и типа В позволяют вычислить суммарную стандартную неопределенность, в общем виде формула для расчета которого имеет вид:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 \cdot c_A^2 + u_B^2 \cdot c_B^2}, \quad (3)$$

где c_A и c_B - коэффициенты чувствительности по каждой из входных величин.

На основании данных о суммарной неопределенности измерений с учетом коэффициента охвата (K), значение которого определяется уровнем доверия, вычисляют расширенную неопределенность (U), которая и является тем интервалом, в пределах которого находится истинное значение результата измерений.

Иллюстрация возможностей предупреждения ошибочных решений при оценке результатов измерений с учетом их неопределенности приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Учет неопределенности измерений для объективной оценки результатов испытаний

Как видно из рис. 1, есть риск принять в качестве годной, фактически негодную продукцию, если не учитывать неопределенность результатов измерений.

Анализ нормативной и методической документации по использованию информации о неопределенности измерений при испытаниях продукции, показал преимущество такого подхода, который повышает достоверность принимаемых по результатам испытаний решений и способствует повышению качества продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. International Organization for Standardization. ISO 14253-1:1998 Geometrical Product Specifications GPS - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment. Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications. Geneva, 1998.
2. JCGM 106:2012 «Оценивание данных измерений – Роль неопределенности измерений при оценке соответствия», 2012.
3. ГОСТ 34100.1-2017/ISO/IEC Guide 98-1:2009 «Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения» - М.: Стандартинформ, 2018.- 27 с.
4. Руководство ИЛАС по неопределенности измерений в испытаниях ИЛАС-G17:01/2021.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЛУЖБЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА

И.В. Смирнова, Е.М. Румянцева, К.И. Порсев

Научный руководитель – **К.И. Порсев**, канд. техн. наук

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ особенностей деятельности службы стандартизации в организации. Рассмотрены цели и задачи деятельности службы стандартизации. Сформулирован перечень актуальных проблем служб стандартизации. Установлено, что одним из эффективных методов решения существующих проблем является инновационный менеджмент. Сформированы требования к деятельности службы стандартизации в организации на основе инновационного менеджмента.

Ключевые слова: стандартизация, служба стандартизации, инновационный менеджмент

IMPROVING THE ACTIVITIES OF THE STANDARDIZATION SERVICE IN THE ORGANIZATION ON THE BASIS OF INNOVATION MANAGEMENT

I.V. Smirnova, E.M. Rumyantseva, K.I. Porsev

Scientific Supervisor – **K.I. Porsev**, Candidate of Technical Sciences,

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the features of the activities of the standardization service in the organization was carried out, the goals and objectives were considered, a list of urgent problems of the standardization services was formulated. It has been established that one of the effective methods for solving existing problems is innovative management. The requirements for the activities of the standardization service in the organization are formed on the basis of innovative management at the strategic and operational levels.

Keywords: standardization, standardization service, problems of standardization services, innovation management

На сегодняшний день стандартизация играет важную роль в экономическом и социальном развитии государства. Работа по стандартизации осуществляется в рамках национальной системы стандартизации (НСС), одним из участников НСС является служба стандартизации. Перспективным направлением развития НСС является совершенствование деятельности служб стандартизации.

Служба стандартизации – это структурно выделенное подразделение органа исполнительной власти или субъекта хозяйствования, которое обеспечивает организацию и проведение работ по стандартизации в пределах компетенции, установленной действующим в стране законодательством для соответствующего органа исполнительной власти или субъекта хозяйствования [1]. Согласно [2] целями и задачами, службы стандартизации являются:

- организационно-методическое и консультационное обеспечение работ по стандартизации;
- организация и проведение исследований в области стандартизации;
- разработка или участие в разработке стандартов и других документов по стандартизации, необходимых для деятельности организации;
- представление интересов организации при разработке документов в области стандартизации и д.р.

В результате анализа установлено, что реализация данных задач сопряжена с рядом проблем [3]:

- несовершенство информационного обеспечения процессов стандартизации;
- низкая оценка деятельности служб стандартизации в организации;
- недостаточная информативность и полнота разрабатываемых стандартов;
- отсутствие комплексных мер по совершенствованию информационных механизмов стандартизации в организации;
- использование устаревших документов по стандартизации в организации;
- недостаточная связь инновационных процессов деятельностью службы стандартизации.

Для решения указанных выше проблем стандартизации могут использоваться различные методы, но наиболее эффективным будет использование передовых методик управления процессами. Одним из перспективных направлений выступает инновационный менеджмент.

Инновационный менеджмент - взаимосвязанный комплекс действий, нацеленных на достижение или поддержание необходимого уровня жизнеспособности и конкурентоспособности предприятия с помощью механизмов управления инновационными процессами [4].

На основании анализа нормативной базы [4,5] инновационного менеджмента перспективным является достижение организацией следующих задач:

- поддержание конкурентоспособности путем создания новой продукции;
- снижение издержек производства;
- улучшение работоспособности организации через повышение квалификации персонала;

Целью исследования выступало формирование требований к деятельности службы стандартизации в организации на основе инновационного менеджмента, в результате анализа [4,5] определены 2 уровня инновационного менеджмента – стратегический и операционный.

На стратегическом уровне происходит реализация инновационных стратегий и развитие инновационного потенциала организации.

Объектом операционного менеджмента являются производство и производственные системы. Операционный менеджмент представляет собой систему управления предприятием, которая связана с ориентацией на спрос и потребителей, на широкое использование нововведений. На предприятии происходит оптимизация бизнес – процессов. В результате анализа определены требования к деятельности службы стандартизации в организации, которые представлены на рис. 1.

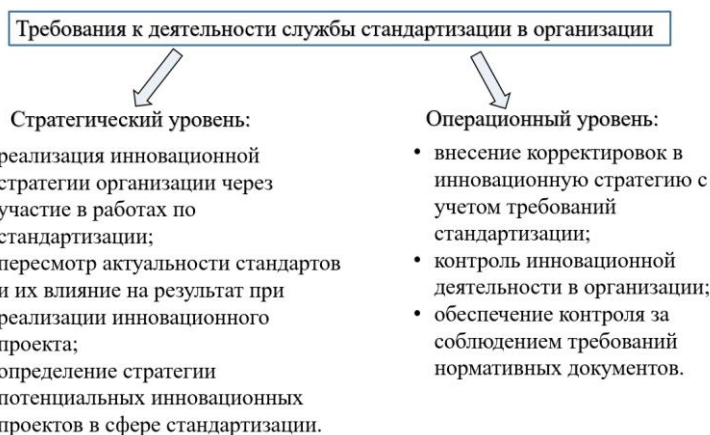


Рис. 1. Требования к деятельности службы стандартизации в организации на стратегическом и операционном уровнях

Практическая реализация требований на данных уровнях позволит решить актуальные проблемы службы стандартизации в организации и достичь следующих результатов:

- повышение эффективности в управлении процессами стандартизации в организации;
- закрепление системы инновационного менеджмента в организации на постоянной основе;
- формирование нормативно - методической базы для обеспечения инновационных проектов в организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 1.12-2020. «Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения». М.: Стандартинформ. 15 с.
2. ГОСТ Р 1.15-2017. «Стандартизация в Российской Федерации. Службы стандартизации в организациях. Правила создания и функционирования». М.: Стандартинформ. 15 с.
3. *Ломакин, М.И.* Методологические проблемы стандартизации в условиях развития цифровой экономики / М.И. Ломакин, А.В. Докукин, А.П. Шалаев // Стандарты и качество. 2019. № 11. С. 80–83.
4. ГОСТ Р 56261-2014. «Инновационный менеджмент. Инновации. Основные положения». М.: Стандартинформ. 39 с.
5. ГОСТ Р 57313-2016. «Инновационный менеджмент. Руководство по управлению инновациями». М.: Стандартинформ. 39 с.

**АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТОВ
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ В СФЕРЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ФГБОУ ВО ЯГТУ**

Е.П. Кондратьева, Л.С. Громова

Научный руководитель – **Е.П. Кондратьева**, старший
преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В условиях «регуляторной гильотины» проведен анализ действующих законодательных и нормативно-методических документов в области дополнительного профессионального образования разработаны положения и регламенты, которые позволят организовать эффективную работу в рамках учебного процесса по дополнительным образовательным программам.

Ключевые слова: система менеджмента качества, документы, положения, регламенты, анализ и пересмотр

**ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF DOCUMENTS
ON STANDARDIZATION IN THE FIELD OF ADDITIONAL
PROFESSIONAL EDUCATION YSTU**

E.P. Kondratyeva, L.S. Gromova

Scientific Supervisor-**E.P. Kondratyeva**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

In the conditions of the "regulatory guillotine", an analysis of the current legislative and regulatory documents in the field of additional professional education has been carried out, regulations and regulations have been developed that will allow organizing effective work within the framework of the educational process for additional educational programs.

Keywords: quality management system, documents, regulations, regulations, analysis and revision

Наиболее актуальной проблемой в области образования в том числе дополнительного профессионального образования (-далее ДПО) в со-

временных условиях является повышение его качества. Это можно осуществить благодаря системе менеджмента качества (далее СМК).

Эффективно функционирующая СМК в образовательном учреждении позволяет оптимизировать его работу, снизить возможные издержки, повысить результативность деятельности организации и укрепить позиции на рынке образовательных услуг.

В 2020 году принят Федеральный закон «Об обязательных требованиях в Российской Федерации», в соответствии с которым механизм «регуляторной гильотины» предусматривал пересмотр нормативных правовых актов, содержащих обязательные требования, и вступивших в силу до 1 января 2020 года [1, 2].

«Регуляторная гильотина» - инструмент масштабного пересмотра и отмены нормативных правовых актов, негативно влияющих на общий бизнес-климат и регуляторную среду. Целью реализации «регуляторной гильотины» является тотальный пересмотр обязательных требований, в соответствии с которым нормативные акты и содержащиеся в них обязательные требования должны быть пересмотрены с широким участием предпринимательского и экспертного сообществ.

В этой связи возникает необходимость анализа и пересмотра документов СМК. По – этому был проведен анализ действующих законодательных и нормативно-методических документов в области ДПО в условиях «регуляторной гильотины» (табл.1).

Таблица 1. Законодательные и нормативно-методические документы в области дополнительного профессионального образования

Номер документа	Наименование	Дата утверждения
Федеральный закон № 273	«Об образовании в Российской Федерации»	21.12.2012 (с изменениями от 29.12.2022)
Приказ № 499 Минобрнауки РФ	«О внесении изменений в Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»	01.07.2013 (с изменениями от 15.11.2013)
Постановление Правительства РФ №1490	«О лицензировании образовательной деятельности»	18.09.2020
Постановление Правительства РФ № 1441	«Об утверждении Правил оказания платных образовательных услуг»	15.09.2020
Постановление Правительства	«О федеральной информационной системе «Федеральный реестр сведе-	31.05.2021

РФ № 825	ний о документах об образовании и (или) о квалификации, документах об обучении»	
Приказ Минобрнауки № 1316	«Об утверждении порядка разработки дополнительных профессиональных программ, содержащих сведения, составляющие государственную тайну, и дополнительных профессиональных программ в области информационной безопасности	19.10.2020

Нормативное и методическое обеспечение реализации дополнительных образовательных программ на уровне организации можно разделить на 2 группы:

- ❖ внешние документы;
- ❖ внутренние документы.

Внешняя документация включает нормативно правовые и методические документы.

Внутренняя документация – это организационно правовая документация, организационно-распорядительная и методическая документация, плановая и отчетная документация и учебно-методическая документация.

Выделены формы организационно-методических документов, такие как: положение, регламент, правила, инструкции (рис. 1).

В настоящее время есть необходимость актуализации системы менеджмента качества ФГБОУ ВО ЯГТУ в части положений и регламентов в области деятельности дополнительного профессионального образования.

В этой связи были разработаны такие положения как: «О порядке реализации программ ДПО» и «Типовые формулировки приказов по организации учебного процесса», а также регламент «Организационно-методическая работа специалиста по учебно-методической работе по дополнительным образовательным программам». Описание разделов и назначение документов представлено в таблице 2.



Рис. 1. Формы организационно-методических документов

Таблица 2. Перечень и описание разработанных документов для ФГБОУ ВО ЯГТУ в области деятельности дополнительного профессионального образования

Наименование документа	Форма документа	Описание документа
«О порядке реализации программ ДПО»	положение	Устанавливает общий порядок реализации программ
«Типовые формулировки приказов по организации учебного процесса»	положение	Установление типовых формулировок приказов на организации учебного процесса при реализации ДПО в ФГБОУ ВО ЯГТУ
«Организационно-методическая работа специалиста по учебно-методической работе по дополнительным образовательным программам»	регламент	Составлен с целью документирования учебного процесса. Настоящий регламент устанавливает: - порядок работы специалиста; - порядок зачисления, обучения, завершения обучения слушателей; - перечень и формы документов.

Выводы. Разработанные и в дальнейшем внедренные документы позволяют организовать эффективную работу в рамках учебного процесса по дополнительным образовательным программам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Министерство экономического развития Российской Федерации. Механизм «регуляторной гильотины». - URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/gosudarstvennoe_upravlenie/mehanizm_regulyatornoy_gilotiny/
2. ФЗ № 247 «Об обязательных требованиях в Российской Федерации». Введ. 2020-07-31. Принят Государственной Думой 2020-07-22. Москва, Кремль.
3. Федеральный закон № 273 «Об образовании в Российской Федерации». Введ. 2012-12-29. Москва, Кремль.
4. Министерство образования и науки Российской Федерации. Приказ Минобрнауки России "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам". Введ. 2013-07-01. Москва, Кремль.
5. Постановление Правительства РФ № 1490. О лицензировании образовательной деятельности (вместе с Положением о лицензировании образовательной деятельности). Введ. 2020-09-18. Москва.
6. Постановление Правительства РФ № 1441. Об утверждении Правил оказания платных образовательных услуг. Введ. 2020-09-15. Москва.
7. Постановление Правительства РФ № 825 "О федеральной информационной системе "Федеральный реестр сведений о документах об образовании и (или) о квалификации, документах об обучении" (вместе с "Правилами формирования и ведения федеральной информационной системы "Федеральный реестр сведений о документах об образовании и (или) о квалификации, документах об обучении"). Введ. 2021-05-31. Москва.
8. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. Приказ № 1316. Об утверждении Порядка разработки дополнительных профессиональных программ, содержащих сведения, составляющие государственную тайну, и дополнительных профессиональных программ в области информационной безопасности. Введ. 2020-10-19. Москва.
9. ГОСТ 7.1-2003. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. Введ. 2003-07-02. М: ИПК Изд-во стандартов, 2004. 151 с.

ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

В.А. Шилова, А.П. Чирков

Научный руководитель – **А.П. Чирков**, д-р техн. наук

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены вопросы, связанные с проведением поверки средств измерений в полевых условиях.

Ключевые слова: поверка средств измерений, полевые условия, проблемы, виды средств измерений

VERIFICATION OF MEASURING INSTRUMENTS IN THE FIELD

V.A. Shilova, A.P. Chirkov

Scientific Supervisor – **A.P. Chirkov**, Doctor Technical Sciences

Yaroslavl State Technical University

The article discusses issues related to the verification of measuring instruments in the field.

Keywords: verification of measuring instruments, field conditions, problems, types of measuring instruments

Поверка средств измерений – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям [1]. Документом, содержащим совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых позволяет подтвердить соответствие средства измерений метрологическим требованиям является методика поверки. Одним из важнейших требований, которые устанавливаются в методиках поверки, является требования к условиям их выполнения. Эти условия должны соответствовать требованиям, установленным ГОСТ 8.395-80 [2] – нормальным условиям, которые обеспечиваются в лабораторных условиях.

Однако имеются средства измерений, поверку которых не возможно выполнить в условиях поверочной лаборатории. Такой вид поверки называют поверкой в полевых условиях.

Выполнение поверки средств измерений в полевых условиях является важным для обеспечения точности и надёжности измерительных данных при проведении различных исследований в местах, где доступ к лабораторным условиям ограничен. Поверка в таких условиях позволяет получать точные и достоверные данные, что в свою очередь позволяет принимать правильные решения в различных ситуациях. Например, в геодезии и строительстве необходимо использовать точные данные для определения координат и высот, поэтому необходимо иметь возможность проводить поверку измерительных приборов на месте.

Важность изучения этой темы также заключается в том, что это позволяет улучшить качество измерений и снижать затраты на поверку оборудования, так как проведение поверки в лабораторных условиях может быть дорогостоящим и длительным процессом.

Также стоит отметить, что поверка средств измерений в полевых условиях является важным фактором в обеспечении безопасности и защите окружающей среды. Например, в сфере контроля качества воды и воздуха необходимо использовать точные приборы для определения содержания различных загрязнителей, что помогает предотвращать негативные последствия для окружающей среды и здоровья людей.

При проведении поверки средств измерений в полевых условиях могут возникнуть проблемы:

- температура, влажность ветер и другие погодные условия, которые могут привести к ошибкам в результатах измерений;
- транспортировка средств измерений на место работы, что может привести к повреждению их точности и чувствительности;
- необходимость больших затрат на оборудование и персонал, что может повлиять на стоимость услуг;
- необходимость использования дополнительного оборудования, что затрудняет работу.

Одним из видов деятельности, где используются средства измерений,веряемые в полевых условиях, является геодезия. Такие приборы предназначены для измерения на местности в разнообразных физико-географических условиях. Цикличность использования этих приборов различна: для части из них характерна сезонная эксплуатация, некоторая часть приборов находится в работе круглый год. Необходимость применения геодезических приборов в разнообразных условиях предъявляет особые требования к их конструкции, чтобы гарантировать высокую сохраняемость параметров во времени и при воздействии факторов внешней среды. Эти приборы относятся к многозадачным средствам измере-

ния, предназначенным для работы в относительно широком диапазоне пространства. Одним из видов геодезических приборов является теодолит [3].

Теодолит предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов. При помощи теодолита измеряют поверхность земли при проведении строительных работ, составляют топографические карты, производят съёмку местности. Назначение теодолита – определение угла между двумя точками при помощи наведения визира на одну и другую точку поочередно, сравнения показаний на шкале самого прибора или на рейке, которую удерживает ассистент на определённом расстоянии.

Другим видом деятельности, где используют средства измерений, поверяемые в полевых условиях, применяют в дозиметрии. Один из видов таких приборов – это дозиметр индивидуальный конденсаторный, предназначенный для измерения экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения [4], которую получает человек в конкретном месте в определённый промежуток времени. Для измерения дозы дозиметр обычно закрепляют на одежде или на теле человека. Использование дозиметра индивидуального конденсаторного позволяет работникам, занимающимся работой с радиацией, следить за своей личной дозой радиации и принимать меры по заботе о своем здоровье в случае отрицательного воздействия. Измерение производится посредством обнаружения электрического заряда, образующегося в конденсаторе при прохождении через него ионизирующего излучения. Этот заряд затем измеряется дозиметром и преобразуется в дозу радиации. Преимущество дозиметров данного типа в простоте эксплуатации, низкой стоимости и оперативности получения результата. Они могут использоваться во многих отраслях, таких как медицина, наука, промышленность и т.д.

Проверка дозиметров производится для обеспечения правильности их работы и точности измерений. В полевых условиях проверке необходимо проводить с использованием переносных эталонных приборов, обеспечивающих измерение уровня радиации в различных точках объекта. Важными особенностями проверки конденсаторных дозиметров в полевых условиях являются:

- необходимость соблюдения правил радиационной безопасности;
- корректность применения методик проверки;
- учет факторов, влияющих на точность измерений, таких как температура, влажность и давление воздуха.

В соответствии с [4] при отличных от нормальных условий проверки предусматривается применения специальной поправки (K) для негерметичных индивидуальных дозиметров на температуру и давление, значение которой вычисляется по формуле:

$$K = \frac{273+t}{293} \times \frac{760}{H},$$

где t - температура воздуха во время измерений в °С; H - давление воздуха во время измерений в мм рт. ст.

Ещё одним видом средств измерений, методики поверки которых предусматривают её осуществление в полевых условиях – уровнемеры, применяемые для контроля уровня жидкости или сухого вещества в резервуаре, емкости, а также в системе водопроводов, подачи жидкостей [5].

Исследование поверки средств измерений в полевых условиях является актуальной проблемой, так как в реальной эксплуатации измерительных приборов они могут подвергаться различным внешним воздействиям, которые могут негативно влиять на их точность. Проведение поверки в полевых условиях позволяет оценить работоспособность приборов в более реалистичных условиях и принять соответствующие меры по их поддержанию и обслуживанию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» № 102 – ФЗ от 26.06.2008 года. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/4ceedc6beeab98acfcfe6b042e41a8319e1c922/
2. ГОСТ 8.395-80 "Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования". URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004500>
3. ГОСТ 10529-96 Теодолиты. Общие технические условия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004691>
4. ГОСТ 8.013-72 Дозиметры индивидуальные конденсаторные. Методы и средства поверки. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004600>
5. ГОСТ 8.321-2013 "Государственная система обеспечения единства измерений. У уровнемеры промышленного применения. Методика поверки". URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108866>

МЕСТО СТАНДАРТОВ ГОСТ Р ИСО 5725 В ПРОЦЕДУРЕ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

А.В. Келарева, С.А. Соловьёва

Научный руководитель – **С.А. Соловьёва**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье трактуется понятие, виды и особенности поверки, её различие с калибровкой. Рассматриваются цели стандартов серии ГОСТ Р ИСО 5725, а также цели межлабораторных сравнительных испытаний.

Ключевые слова: поверка, калибровка, качество измерений, межлабораторные сравнительные испытания

PLACE OF STANDARDS GOST R ISO 5725 IN THE PROCEDURE OF VERIFICATION OF MEASURING INSTRUMENTS

A.V. Kelareva, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – **S.A. Solovyeva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article interprets the concept, types and features of verification, its difference from calibration. The goals of the standards of the GOST R ISO 5725 series, as well as the goals of interlaboratory comparative tests, are considered.

Keywords: verification, calibration, quality of measurements, interlaboratory comparative tests

Целью данной статьи является выяснение роли стандартов серии ГОСТ Р ИСО 5725 в области оценки качества измерений, выполняемых при поверке и калибровке, а также выяснение цели межлабораторных сравнительных испытаний.

Обеспечение единства измерений в российской федерации регламентируется Федеральным законом «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 №102-ФЗ и является одной из основных задач метрологии.

Поверкой называется совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям [1].

Многие путают поверку с калибровкой, однако всё же стоит эти понятия различать. Поверку в первую очередь отличает от калибровки то, что поверка распространяется на средства измерения, используемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений. Ещё одним существенным отличием поверки от калибровки является то, что поверка является обязательной процедурой для средств измерений, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, а калибровка – добровольной. Однако если средство измерения не применяется в данной сфере, то его поверка будет являться добровольной.

Поверка проводится в два этапа: на первом этапе находятся действительные значения измерений, а на втором этапе полученные значения сравниваются с установленными требованиями. На основании полученных значений делается вывод о соответствии или несоответствии средств измерений этим требованиям. Калибровка же останавливается на первом этапе.

Средства измерений подвергаются первичной, периодической, внеочередной, инспекционной и экспертной поверке.

Первичная поверка необходима для средств измерений, выпущенных из производства или ремонта.

Периодической поверке подлежат средства измерений, находящиеся в эксплуатации и на хранении через определенные межповерочные интервалы.

Внеочередную поверку средств измерений, находящихся в эксплуатации или на хранении, производят при повреждении поверочного клейма, или в случае утраты документа о прохождении средством измерения первичной или периодической поверки. По аналогии внеочередной поверке подвергаются средства измерений при проведении их настройки (регулировки) или же неудовлетворительной их работе. При вводе в эксплуатацию после длительного хранения, в течение которого средства измерений не подвергались периодической поверке, они также подлежат внеочередной поверке.

Инспекционную поверку проводят для выявления пригодности к применению средств измерений при осуществлении государственного метрологического надзора.

Экспертную поверку назначают при возникновении спорных вопросов по метрологическим характеристикам, исправности средств измерений и пригодности их к применению [3].

Для оценки качества измерений, выполняемых при поверке и калибровке, используется методология стандартов серии ГОСТ Р ИСО 5725.

Цель стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 состоит в том, чтобы:

1) изложить основные положения, которые следует иметь в виду при оценке точности (правильности и прецизионности) методов и результатов измерений при их применении, а также при планировании экспериментов по оценке различных показателей точности;

2) регламентировать основной способ экспериментальной оценки повторяемости (сходимости) и воспроизводимости методов и результатов измерений в межлабораторных сравнительных испытаниях;

3) регламентировать процедуру получения промежуточных показателей прецизионности методов и результатов измерений, изложив условия их применения и методы оценки;

4) регламентировать основные способы определения правильности методов и результатов измерений;

5) регламентировать для применения в определенных обстоятельствах несколько альтернатив основным способам определения прецизионности и правильности методов и результатов измерений;

6) изложить некоторые практические применения показателей правильности и прецизионности [4].

Межлабораторными сравнительными испытаниями называют организацию, проведение и оценку испытаний одних и тех же или таких же объектов двумя или большим числом лабораторий в соответствии с заранее установленными условиями [5].

Целью межлабораторного контроля качества является выявление систематических и случайных ошибок при контрольных определениях; достижение сравнимых результатов, получаемых участвующими лабораториями.

Таким образом, стандарты серии ИСО 5725 были приняты для внедрения единых подходов к оценке точности измерений и межлабораторным испытаниям. Цель совместного межлабораторного эксперимента, в первую очередь, получить максимально близкие друг к другу, практически идентичные результаты, а не достижение наивысшей точности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (09.03.2023).
2. *Куимова, Н.Д.* Поверка средств измерений // МЦИИ «ОМЕГА САЙНС». Пенза. С. 25-26.

3. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200029975> (12.03.2023).

4. Р 50.4.006-2002 Межлабораторные сравнительные испытания при аккредитации и инспекционном контроле испытательных лабораторий. Методика и порядок проведения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030533> (13.03.2023).

СТАНДАРТИЗАЦИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ В РОССИИ

Е.В. Грязнов, С.А. Соловьёва

Научный руководитель – **С.А. Соловьёва**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются документы, используемые для стандартизации средств связи.

Ключевые слова: стандартизация, стандарты, средства связи

STANDARDIZATION OF COMMUNICATIONS IN RUSSIA

E.V. Gryaznov, S.A. Solovyeva

Scientific Supervisor – **S.A. Solovyeva**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the documents used for the standardization of communication facilities.

Keywords: standardization, standards, means of communication

Под стандартизацией в области радиосвязи понимается деятельность, направленная на разработку и установление норм, требований, правил, обязательных и рекомендуемых для применения характеристик, обеспечивающая реализацию права потребителя на приобретение оборудования и услуг надлежащего качества по приемлемой цене.

Широкую востребованность на рынке имеет оборудование, которое соответствует действующим стандартам. Это способствует стимулированию развития новых технологий и снижению затрат на производство продукции. Кроме того, с помощью оборудования, выполняемого по единым стандартам, становится возможным организация связи по все стране, в том числе и на международном уровне [1].

Целью стандартизации в области радиодоступа является достижение оптимальной степени упорядочения за счет широкого и многократ-

ного использования положений, норм, требований при разработке оборудования, проектировании и эксплуатации систем радиосвязи.

Во всех областях деятельности национальные стандарты в России разрабатывает технический комитет по стандартизации или проектный технический комитет по стандартизации в соответствии с их компетенцией. Работы, которые связаны с подготовкой стандартов в области связи и контроль их исполнения, осуществляют подразделения министерства связи: департаменты и соответствующие комиссии.

В настоящее время головной организацией по стандартизации в отрасли «Связь» является Центральный научно-исследовательский институт связи, осуществляющий проведение научных исследований и разработок в области развития ВСС РФ, ее технических средств и методов технической эксплуатации и метрологического обеспечения в целях обеспечения народного хозяйства, обороны и населения страны всеми видами устойчивой связи [2].

В сфере связи используется большое количество национальных стандартов, устанавливающих требования к устройствам связи, такие как:

1. Телевидение вещательное цифровое - ГОСТ Р 53527-2009, ГОСТ Р 53528-2009, ГОСТ Р 53529-2009, ГОСТ Р 53530-2009;
2. Передатчики радиосвязи - ГОСТ Р 51663-2000, ГОСТ Р 51741-2001, ГОСТ Р 51742-2001 и ГОСТ Р 51903-2002;
3. Приемно-передающие антенны - ГОСТ Р 51662-2000, ГОСТ Р 56154-2014 и ГОСТ Р 56159-2014;
4. Радиостанции - ГОСТ Р 56172-2014, ГОСТ Р 53529-2009 и ГОСТ Р 56153-2014 и т.д. [3].

Помимо национальных стандартов существует государственный военный стандарт ГОСТ РВ 5801-001-2008 «Техника связи, обнаружения, телекоммуникаций, радиолокационное оборудование. Радиоприемники. Требования к частотной избирательности», предназначенный для радиоприемников и руководящие документы отрасли «Связь» РД 45.299-2002 «Радиостанции сухопутной подвижной службы с угловой модуляцией. Диапазон частот 1,6 - 1000 МГц» и РД 45.333-2002 «Оборудование связи, реализующее функции гибкого коммутатора».

Технические условия для средств связи оформляются в соответствии с ОСТ 45.161-2000, в котором прописаны требования к построению и содержанию.

Одной из проблем при построении и дальнейшей эксплуатации сетей связи является совместимость устройств разных производителей. Кроме того, для эффективного функционирования различных элементов сетей необходимо использовать общие протоколы их взаимодействия [4].

Немаловажными являются требования устойчивости оборудования к внешним воздействующим факторам, условиям эксплуатации и безопасности.

В технических требованиях данных стандартов приведены пункты, ссылающиеся на требования других документов:

1. Требования к электромагнитной совместимости – ГОСТ 30429-96, ГОСТ 30805.22-2013, ГОСТ 30804.4.2-2013, ГОСТ Р 51317.4.5-99, ГОСТ 30804.4.11-2013;

2. Требования устойчивости к климатическим и механическим воздействиям – ГОСТ 16019-2001;

3. Требования к электропитанию – ГОСТ 5237-83;

4. Требования безопасности – ГОСТ Р 50829-95, ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ Р 50829-95, ГОСТ 12.1.003-83.

Все указанные стандарты на момент исследования имеют статус – действующий.

В связи постоянным развитием уровня технологий неизбежно появление новых требований к средствам связи, документацию которых следует будет актуализировать или создавать новую.

В результате стандартизации должны происходить:

- экономия всех видов ресурсов;
- достижение качества оборудования и услуг связи с соответствующим уровнем развития науки и техники;
- совместимость и взаимозаменяемость оборудования, производимого разными изготовителями;
- безопасность применения оборудования.

Подводя итог можно сказать, что, несмотря на большую положительную роль стандартизации, она имеет свои отрицательные стороны. Так, на каком-то этапе развития технологий, следование стандартам приводит к затормаживанию внедрения новых технологий до того момента, пока не будут пройдены этапы обработки, проверки, согласования и утверждения новых стандартов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Организация стандартизации в связи. - URL: <https://intellect.icu/organizatsii-standartizatsii-v-svyazi-241?ysclid=lfa3sh9awy418748843> (25.02.2023).

2. Стандартизация и метрология в телекоммуникации. URL: http://extusur.net/content/3_optika/2_3.html - свободный. - (03.03.2023).

3. Стандартизация и патентование. URL: https://soniir.ru/?page_id=150 (27.02.2023).

4. Антонова, А. Стандартизация телекоммуникационных технологий. URL: <https://sert-service.ru/standartizatsiya-telekommunikatsionnykh-tekhnologiy/?ysclid=lfa3v3byt548992623> (03.03.2023).

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В РОССИИ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ

А.С. Карпов, В.А. Иванова

Научный руководитель – **В.А. Иванова**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведен краткий обзор состояния метрологической деятельности в Российской Федерации в условиях санкционных ограничений. Определены значимость и роль метрологии для предприятий, потребителей и государства. Приведены актуальные и будущие проблемы для метрологической деятельности, а также пути их решения.

Ключевые слова: метрология, санкции, средства измерения

METROLOGY ACTIVITY IN RUSSIA: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN TERMS OF SANCTIONS

A.S. Karpov, V.A. Ivanova

Scientific Supervisor – **V.A. Ivanova**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A brief review of the state of metrology activity in the Russian Federation in terms of sanctions was conducted. The significance and role of metrology for enterprises, consumers and the state has been determined. The current and future problems for metrology activity along with ways of their solution are given.

Keywords: metrology, sanctions, means of measurement

На фоне международных санкций Россия столкнулась с новыми вызовами во многих областях, включая метрологию, которая является критической для многих отраслей экономики. В стране усиливается риск недостатка импортных компонентов и оборудования, что может негативно повлиять на разработку и производство измерительных приборов и систем.

Целью данной статьи является проиллюстрировать влияние международных санкций на метрологию в России, а также рассмотреть возможные способы и примеры преодоления этих вызовов.

Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности [1].

Основной задачей метрологии является обеспечение единства измерений. Под единством измерений понимаются такие измерения, при которых результаты выражаются в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации, а показатели точности находятся в установленных границах. Нормы по обеспечению единства измерений зафиксированы в Федеральном законе РФ № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 года.

Метрологические знания и методы используются в производственных процессах, торговле, медицине, науке, технике и других областях, где точные измерения имеют решающее значение. Благодаря метрологии можно определить технические характеристики и качество продукции, обеспечить безопасность при эксплуатации техники и оборудования, контролировать процессы изготовления и сборки изделий, оценивать и отслеживать состояние окружающей среды и многое другое.

Метрология оказывает значительное влияние на торговые отношения, поскольку точность и единство измерений вносят ключевой вклад в торговые операции между странами. Обеспечение точности измерений является важным условием для установления доверия между производителями, поставщиками и потребителями.

В этом отношении Правительством РФ и метрологическим сообществом широко обсуждается вопрос относительно антироссийских санкций, которые негативным образом сказываются на развитии метрологии в России. Главным образом это связано с тем, что метрологическое оборудование, необходимое для проведения измерений и обеспечения единства измерений, запрещено к импорту. В таком случае российские предприятия не смогут получить доступ к современному оборудованию и технологиям, что негативно скажется на технологическом прогрессе, качестве продукции и конкурентоспособности российских товаров на рынке. Кроме того, в краткосрочной перспективе санкции могут привести к увеличению стоимости метрологического оборудования, создавая предпосылки к росту цен на конечную продукцию и услуги для потребителей.

Для смягчения последствий резкого прекращения поставок импортных товаров Правительство России приняло решение о подписании и введении в действие Федерального закона от 28.06.2022 года № 213-ФЗ «О внесении изменения в статью 18 Федерального закона «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Указанным законом в статью 18 федерального закона № 46-ФЗ от

08.03.2022 года были внесены дополнения, официально легализующие параллельный импорт, который до этого момента был запрещён в российском государстве [2, 3].

Невзирая на отрицательное влияние санкций, они стимулируют развитие отечественного производства метрологического оборудования и технологий. При ответственном подходе это благоприятным образом отразится на самодостаточности, независимости и экономической устойчивости Российской Федерации.

Согласно утверждению руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарта) А. П. Шалаева, в Российской Федерации проводятся абсолютно все сервисные работы по государственным первичным эталонам. Росстандарту удалось достичь полноценной импортнезависимости по данному направлению за предшествующие годы. Кроме того, был достигнут высокий уровень импортозамещения в области стандартных образцов, а также двукратный прирост в доле отечественных типов средств измерений – с 30 % до 60 %. Тем не менее, сохраняется значительное количество типов средств измерений производства зарубежных производителей, закрепляющих риски с предстоящим обслуживанием, ремонтом, поверкой и калибровкой данного оборудования.

Для решения данной проблемы Росстандартом оперативно вносятся изменения в подзаконные акты (приказ Минпромторга России № 2905, приказ Минпромторга России и Росстандарта № 2346) с целью существенного упрощения процедуры утверждения типов средств измерений, их продления, а также внедрения изменений при необходимости [4].

Между тем директор научно-исследовательского и конструкторского института испытательных машин, приборов и средств измерения масс (НИКИМП) П.Л.Иванов утверждает, что 90 % отечественных весов ввезены как импортные или закуплены в Китае и сертифицированы как отечественные. В том числе это относится к мерам массы – гилям. Предлагается внести весовую технику в перечень подлежащих импортозамещению изделий, чтобы решить данный вопрос [5].

Практическая реализация вышеупомянутых мер позволит решить актуальные проблемы метрологической деятельности и достичь следующих результатов:

- экономия государственных средств за счёт замещения импортных аналогов;
- уменьшение зависимости от иностранных поставщиков;
- стимулирование развития отечественного производства средств измерений;
- снижение цен на метрологическое оборудование и конечную продукцию в долгосрочной перспективе.

Исходя из сказанного можно заключить, что влияние санкций на метрологию в России может быть как негативным, так и положительным в зависимости от того, какой подход будет выбран Правительством РФ, и какие меры будут приняты для развития отечественной метрологии, поэтому в настоящее время важно в особом порядке поддерживать отечественных производителей, способных создавать оборудование высокого качества, не уступающее лучшим зарубежным аналогам измерительных приборов, создавать благоприятные условия для производства отечественных средств измерения, способных заменить импортные, а также субсидировать затраты на испытания в целях утверждения их типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ.
2. О внесении изменения в статью 18 Федерального закона «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: федеральный закон от 28.06.2022. № 213-ФЗ // Российская газета. 30.06.2022. № 139.
3. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федеральный закон от 08.03.2022 № 46-ФЗ // Российская газета. 10.03.2022. № 51.
4. *Шалаев, А.П.* Метрология в условиях санкций // МИР ИЗМЕРЕНИЙ. 2022. №2. - С. 6-10.
5. *Родионова, И.С.* Метрология в условиях санкций / И.С. Родионова, В.Л. Эмануэль, П.Л. Иванов, А.В. Демьяненко // МИР ИЗМЕРЕНИЙ. 2022. № 3. С. 25-26.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТАНДАРТА ОРГАНИЗАЦИИ

Я.В. Страхова

Научный руководитель – **В.А. Иванова**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Проведены исследования жизненного цикла объектов, на основании которых установлен ЖЦ стандарта организации.

Ключевые слова: жизненный цикл продукции, стандарт организации, жизненный цикл организации

RESEARCH OF THE ORGANIZATION STANDART'S LIFE CYCLE

Y.V. Strakhova

Scientific Supervisor – **V.A. Ivanova**, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Studies of the life cycle of objectson the basis on which the LC of the organization's standard has been established.

Keywords: product lifecycle, organization standard, organization lifecycle

В качестве объектов исследования для формирования жизненного цикла (ЖЦ) стандарта организации рассмотрим несколько уже известных этапов ЖЦ других объектов.

В соответствии со стандартами ИСО серии 9000 ЖЦ продукции включает следующие этапы[1]:

- маркетинг и изучение рынка;
- проектирование и разработка продукции;
- планирование и разработка производственных процессов;
- закупки (подготовка);
- производство/предоставление услуг;
- контроль и испытания;

- упаковка и хранение;
- реализация и распространение;
- эксплуатация;
- обслуживание и техническая помощь;
- утилизация или переработка в конце полезного срока службы.

Этапы ЖЦ систем[2]включают:

- инженерные изыскания и сбор исходных данных для создания системы;
- разработку задания на проектирование;
- проектирование;
- строительно-монтажные работы;
- пусконаладочные работы;
- опытную эксплуатацию, комплексное опробование и ввод в эксплуатацию;
- авторский надзор;
- техническое обслуживание и текущий ремонт;
- вывод из эксплуатации, демонтаж и утилизацию [2].

ЖЦ организации [4]содержит следующие этапы:

- увлечение/ухаживание. На этом этапе есть идея, но самой компании еще нет;
- младенчество –нет четкой руководящей структуры, команда только начинает формироваться, а бизнес-процессы начинают отлаживаться;
- давай-давай/вперёд-вперёд – на данном этапе наблюдается рост продаж и уже налаженный сбыт;
- юность –организация продолжает активно расти;
- расцвет –компания берет в расчет интересы потребителя, при этом ищет выгоду для себя;
- стабильность –этап, на котором ужесточаются регламенты и появляются документированные процессы организации и действия сотрудников;
- аристократизм –ориентация исключительно на прибыль, остановка в развитии организации;
- Салем-Сити/охота на ведьм –рост конфликтов внутри коллектива и снижение или потеря прибыли;
- бюрократия –организация окончательно перестает быть гибкой и свое существование поддерживает исключительно за счет внешнего финансирования;
- смерть –окончательное банкротство организации.

ЖЦ документов в сфере стандартизации на ПАО «РусГидро» [5]состоит всего из четырех стадии:

- инициирование разработки (актуализации) документов – принятие решений о разработке новых, отмене, актуализации документов по стандартизации, а также мониторинг, формулирование, сбор и анализ новых, актуальных требований к объектам стандартизации;

- разработка (актуализация) документов – преобразование требований в конкретные нормативные документы;

- внедрение документов –согласование, утверждение, распространение и непосредственно отмена устаревших документов;

- контроль исполнения требований документов – проведение оценки соответствия результатов требованиям документов по стандартизации.

ПАО «РусГидро»также выделяет процесс «планирование работ Общества по стандартизации», который не включён ни в одну из стадий ЖЦ, но следует за стадией инициирования разработки (актуализацией). В рамках данного процесса составляется программа работ по стандартизации.

Сравнительный анализ этапов жизненного цикла различных объектов представлен в таблице.

Таблица. Этапы ЖЦ различных объектов

Этапы	Продукция	Система	Организация	СТО на ПАО «Рус-Гидро»
Идея			+	+
Маркетинговое исследование/ сбор данных	+	+		+
Проектирование и разработка	+	+		+
Планирование	+	+		+
Подготовка	+		+	
Производство	+	+	+	
Проверка качества	+	+		
Реновация/ актуализация			+	+
Хранение	+			
Реализация	+		+	+
Эксплуатация	+	+	+	+
Надзор/контроль		+		+
Обслуживание	+	+		
Ликвидация	+	+	+	

Анализ ЖЦ (см. таблицу) показал, что ЖЦ СТО на ПАО «РусГидро» имеет общие этапы с ЖЦ других объектов.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 15489-1-2019[3], к процессам управления документами, относят:

- создание документов;
- ввод документов в систему;
- классификация и индексирование документов;
- управление доступом к документам;
- хранение документов;
- использование документов;
- миграция или конвертирование документов;
- отбор, передача документов на хранение или уничтожение.

Сравнительный анализ этапов ЖЦ СТО на ПАО «РусГидро» с процессами, указанными выше свидетельствуют о том, что следует выделить несколько отличительных этапов - «идея», «маркетинговое исследование/сбор данных» и процессы «классификация и индексирование документов», «хранение документов», «уничтожение».

Упомянутые этапы вполне можно соотнести с процессом создания документов. Ведь для обеспечения качества предприятие согласно ГОСТ Р 1.4–2004 способно разработать СТО на принципиально новые виды продукции, технологии, процессы и т.п., а это значит, что «идею» и тем более «маркетинговое исследование/сбор данных» исключать из ЖЦ не следует.

Процесс «классификация и индексирование документов» необходимо отнести к этапу «подготовка», т.к. после установления связи между различными стандартами или документом и деятельностью можно наиболее эффективно применять стандарты организации в своей работе.

Процесс «хранение» необходимо выделить в качестве отдельного этапа ЖЦ СТО. Между разработкой стандарта, его актуализацией и временем, когда документ не используется, его местонахождение должно прослеживаться. Тем более такой этап существует в ЖЦ продукции[1].

Процесс «уничтожение» аналогичен процессу «ликвидация» или утилизация, которые присутствуют в ЖЦ других объектов.

Таким образом, ЖЦ стандарта организации должен включать следующие этапы:

- идея;
- маркетингового исследования/сбора данных;
- проектирования и разработка;
- подготовка;
- актуализация;
- хранение;
- реализация (эксплуатация);

- контроль;
- ликвидация (утилизация).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Система менеджмента качества. Требования. Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124394>
2. ГОСТ Р 56936–2016. Производственные услуги. Системы безопасности технические. Этапы жизненного цикла системы. Общие требования. Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200135533>
3. ГОСТ Р ИСО 15489–1–2019. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Информация и документация. Управление документами. Часть 1. Понятия и принципы. Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200163564>
4. *Adizes, I.* Organizational passages – diagnosing and treating lifecycle problems of organizations // *Organizational dynamics*, 1979. Т. 8 № 1. С. 3–25.
5. Положение о системе стандартизации ПАО «РусГидро». ПАО «РусГидро». URL: <http://www.rushydro.ru/upload/iblock/582/Polozhenie-o-sisteme-standartizatsii.pdf>

СЕКЦИЯ «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ»

УДК 657.6:658.562

ПРЕДПОСЫЛКИ РЕИНЖИНИРИНГА ВНУТРЕННЕГО АУДИТА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Н.С. Арихина, А.С. Ермишин

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, канд. с.-х. наук,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье анализируется необходимость в формировании нового подхода улучшения деятельности машиностроительного предприятия путём коренной перестройки важнейшего бизнес-процесса «Внутренний аудит». Производится сравнительная характеристика с выявлением отличительных свойств и условия осуществления данного метода.

Ключевые слова: реинжиниринг бизнес-процессов, машиностроительное предприятие, внутренний аудит, анализ, фундаментальные улучшения.

PREREQUISITES FOR REENGINEERING INTERNAL AUDIT AT A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

N.S. Arikhina, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Candidate of Agricultural
Sciences, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article analyzes the need to form a new approach to improving the activities of a machine-building enterprise by radically restructuring the most important business process «Internal Audit». A comparative characteristic is made with the identification of distinctive properties and conditions for the implementation of this method.

Keywords: business process reengineering, machine-building enterprise, internal audit, analysis, fundamental improvements.

Повышение эффективности работы предприятия неизбежно требует внедрения различных улучшений в существующие бизнес-процессы

по мере возникновения всё новых технологий и трансформаций в быстромыменяющихся реалиях настоящего времени.

Кроме того, важно не только проводить постоянные совершенствования, а также осуществлять коренную перестройку процессов, которым это крайне необходимо. Радикальное переосмысление и пересборка бизнес-процессов компании, называемые реинжинирингом, проводятся для достижения фундаментальных улучшений в важнейших показателях её деятельности.

Реинжиниринг примечателен тем, что его применяют для перехода от незначительных, маловлияющих улучшений к коренной перестройке на новых принципах всей системы или отдельного её процесса [1].

Данный метод может использоваться для различных процессов, затрагивающих маркетинг, производство, финансы, сбыт, взаимодействие с потребителями готовой продукции, а также же внутренний аудит. Последний из них выступает значимым звеном в цепочке всей системы, так как помогает организации достичь поставленных целей, используя систематизированный и последовательный подход к оценке и повышению эффективности всех остальных процессов и всего предприятия в целом.

Внутренний аудит как компонент корпоративного управления продолжает развиваться в связи с изменением бизнес-стратегий и требований, предъявляемых к нему законодателями.

Обстоятельства времени обуславливают создание новых подходов, позволяющих реализовать потенциал современных технологий при производстве и распределении товарной продукции на различных предприятиях, в том числе в области машиностроения. Поддержание конкурентоспособности в таких условиях в данной сфере требует изменения методов и принципов по управлению организацией, анализу и оценке текущего состояния с разработкой действенных рекомендаций по её улучшению [2]. Локальные и незначительные улучшения внутреннего аудита, которые решают все вышеперечисленные вопросы, на отечественных машиностроительных предприятиях уже не дают результатов и не ведут к конкурентным преимуществам. Улучшить данную ситуацию позволяет реинжиниринг данного бизнес-процесса.

Специфика реинжиниринга внутреннего аудита на предприятии в области машиностроения обусловлена особенностями современной экономики [3]. Существует достаточно большое число факторов, определяющих её содержание:

1. Возрастает диверсификация готовой продукции на основе сегментации рынка потребителей и снижается количество массового производства ограниченного ассортимента товаров [4].
2. Увеличивается число общедоступных технологий и международной кооперации, в которой поставщики сырья, производители готово-

го продукта и его потребители могут находиться в различных частях планеты.

3. Стремительно растёт роль информационных технологий в области разработки, проектирования, производства и реализации готовой продукции.

Важным фактором сравнительной эффективности реинжиниринга процесса «Внутренний аудит» на машиностроительном предприятии служит его полная трансформация, внедрение передовых информационных технологий для упрощения деятельности и сокращения времени на реализацию постоянных установленных задач, принципиально новое качество информационных потоков, модификация деятельности специалистов по данному процессу с перестройкой принципов работы, усовершенствование и трансформация стратегии развития и подходов к решению поставленных вопросов.

В качестве условий успешного реинжиниринга внутреннего аудита на предприятии в сфере машиностроения можно выделить следующие:

1. Целеполагание. Цель мероприятий по осуществлению реинжиниринга должна быть чётко определена, высшим руководством поставлены задачи, способствующие её достижению и формированию новой модели процесса.

2. Руководство изменениями. Руководитель предприятия должен обеспечить возможность беспрепятственного проведения мероприятий по реинжинирингу процесса «Внутренний аудит» и довести до сотрудников информацию о проводимых действиях.

3. Персонал. Для проведения данной процедуры создаётся временный штаб, который планирует и организует работу, анализирует ход выполнения поставленных задач. Штаб состоит как из сотрудников управленческого звена предприятия, так и из тех специалистов, которые занимаются исключительно реинжинирингом.

4. Ресурсы. Проводимые мероприятия по реинжинирингу должны быть обеспечены финансовыми, человеческими, временными и различными материальными ресурсами.

5. Методическое обеспечение. Мероприятия, осуществляемые по реинжинирингу внутреннего аудита должны быть обеспечены разработанными заранее моделями, программным обеспечением, техническим заданием, методиками и инструкциями.

Результаты исследований [5] также показывают, что уровень участия АС в проверках каждого этапа процесса внутреннего аудита способствует общей эффективности функции внутреннего аудита.

Уровень эффективности внутреннего аудита можно определить по его влиянию на корпоративное управление, например, в таких областях, как управление расходами, управление доходами, анализ данных и раз-

решение конфликтов. Результаты влияют на политику в отношении внутреннего контроля для публичных компаний, отдавая предпочтение внутренней функции внутреннего аудита, а не передаче ее на аутсорсинг.

Реализация проекта по реинжинирингу данного бизнес-процесса планируется с выполнением четырёх этапов:

1-й этап. Анализ процесса «Внутренний аудит» на предприятии и оценка необходимости создания и внедрения инноваций.

2-й этап. Формирование модели нового процесса «Внутренний аудит», общих требований и плана мероприятий по внедрению инноваций.

3-й этап. Разработка мероприятий по проведению реинжиниринга данного бизнес-процесса, определение ответственных исполнителей, контрольных сроков и индикаторов выполнения поставленных задач.

4-й этап. Запуск нового бизнес-процесса «Внутренний аудит», включая мониторинг, контроль и коррекцию.

В результате проведения необходимых действий для реализации реинжиниринга внутреннего аудита и активации обновленного процесса должны произойти вполне осязаемые изменения, как в сфере контрольных показателей самого процесса, так и результатов работы остальных процессов, в том числе всего предприятия.

Практика внутреннего аудита в будущем должна быть более совместной, чтобы использовать знания и опыт других сотрудников отдела для проведения эффективного внутреннего аудита, что в конечном итоге окажет большее влияние на корпоративное управление, управление доходами, анализ данных и разрешение конфликтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пименов П.А.* Реинжиниринг системы управления предприятием пищевой промышленности / П.А. Пименов // Актуальные вопросы развития экономики: материалы Международной Научно-практической конференции (г. Омск, ноябрь 2014 г.). Омск: РОФ «ФРСП», 2014. 550 с.
2. *Михаил А.Б.* Проблемы процесса внутреннего аудита систем менеджмента качества и их влияния на эффективность СМК / А.Б. Михаил // Электронный научный журнал «Век качества». 2019. № 1. С.19-42.
3. *Каюков В.В.* Роль экономики в жизни общества: проблемы и суждения / В.В. Каюков, Ю.Л. Мельчакова, С.А. Нор // Проблемы и перспективы экономики и управления: материалы II Международной научной конференции (г. Санкт-Петербург, июнь 2013 г.). Т. 10. СПб: Реноме, 2013. С. 12-16.
4. *Карпов В.В.* Контролинг в бизнес-системе: концептуальные основы, инструментарий, организация: монография / Карпов В.В., Кораблёва А.А., Данышина В.В. Омск: Компания Параграф, 2009. 136 с.
5. *Abdullah Razimah.* Redefining internal audit performance: Impact on corporate governance. 2014. URL: https://www.researchgate.net/publication/272791374_Redefining_internal_audit_performance_Impact_on_corporate_governance.

СИСТЕМА КОРРЕКТИРУЮЩИХ И ПРЕВЕНТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ

И.М. Вьюгина, А.С. Ермишин

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, канд. с.-х. наук,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В данной статье освещена практика работы с системой корректирующих и превентивных мероприятий (САРА, англ. corrective actions and preventive actions) в контексте управления качеством.

***Ключевые слова:** управление качеством, система САРА, GxP, фармацевтическое предприятие*

CORRECTIVE AND PREVENTIVE ACTIONS WITHIN QUALITY MANAGEMENT

I.M. Vyugina, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Candidate of Agricultural
Sciences, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

This article highlights key aspects of corrective and preventive actions (abbr. CAPA system) within quality management.

***Keywords:** quality management, CAPA system, GxP, pharmaceutical company*

Неизменное качество продукции – ключевой элемент успеха для любой компании вне зависимости от отрасли. Однако ни одно предприятие, даже самое современное, и ни одна система качества, какой бы выверенной она не была, не застрахованы от возникновения сбоев и ошибок. Более того, сбой и ошибки можно и нужно рассматривать как области для улучшения, так как именно в ходе расследования их корневых причин можно понять, где в системе качества находится «брешь». Однако, выяснение причины отклонения от нормы не является конечной точ-

кой процесса, так как важно не только скорректировать произошедшее событие, но и не допустить его повторения вновь.

Именно здесь на помощь приходит система САРА (принято читать как «КАПА»). В фармацевтической отрасли её выделяют как один из ключевых элементов системы менеджмента качества.

Даже обратившись к классическому PDCA-циклу [1], мы можем увидеть, что после стадии проверки («Check») всегда следует стадия коррекции («Act»). Таким образом, после анализа любой системы весьма вероятно выявление областей, требующих изменений, корректировок.

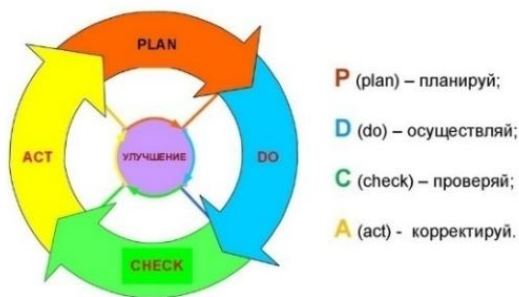


Рис. 1. Цикл PDCA

Рассмотрим простой пример: технологический процесс по производству лекарственного препарата по спецификации должен вестись при температуре от 2 до 8 °С, но из-за сбоя в системе воздухоподготовки температура поднялась до 10 °С. Такое событие оказало прямое воздействие на качество, так как белок в составе средства чувствителен к колебаниям температур и вся серия продукции должна быть забракована и уничтожена. Важно понять, почему случился такой сбой в оборудовании (провести расследование корневых причин и оценить влияние) и как не допустить подобного в будущем, то есть фактически нужно разработать план корректирующих и превентивных мероприятий (САРА-план), назначить сроки выполнения действий и ответственных лиц.

Следует понимать, что «триггером» для разработки САРА могут быть не только отклонения в производстве и при контроле качества, но и жалобы потребителей, результаты самоинспекций и внешних аудитов, а также результаты анализа работы со стороны высшего руководства.

При этом не всякий сбой требует внедрения САРА, так как внедрение мероприятий ради самих мероприятий, без добавленной пользы, приводит лишь к ненужным тратам ресурсов, замедлению и удорожанию процессов. Так, в случаях единичных и не критичных с точки зрения ка-

чества нарушений (например, оператор допустил опisku и указал неверную дату в протоколе производства, которая не приводит к неверной интерпретации) целесообразно прибегнуть только к «коррекции», т.е. к исправлению текущей ошибки. Однако, если ситуация повторяется и перерастает в негативный тренд (например, несколько операторов в разных протоколах допускают одинаковые ошибки заполнения), следует рассмотреть необходимость системных мер (например, дополнительного обучения персонала, изменение дизайна документа).

Достаточно истрепывающее описание требований к системе CAPA представлено в документации FDA (орган управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США, Food and Drug Administration) [2]:

- в первую очередь требования к управлению CAPA на предприятии должны быть задокументированы, то есть должна быть разработана стандартная операционная процедура;

- наряду с процедурой управления CAPA должна действовать процедура по управлению отклонениями, включающая описание методологий поиска корневых причин. Именно на устранение корневых причин и должны быть направлены CAPA;

- необходим анализ трендов, для обнаружения и предотвращения негативных тенденций;

- важно соблюдать принципы целостности данных: информация должна быть полной, точной и своевременной;

- CAPA мероприятия должны быть эффективными, они должны быть одобрены службой качества и экспертами подразделений до их внедрения;

- после внедрения мероприятий необходимо оценить их результативность. Чаще всего она выражается в отсутствии повторяющихся отклонений в течение определенного периода времени (например, в течение 1 года с момента внедрения).

При разработке мероприятий CAPA и их внедрении можно выделить несколько основных стадий.

Идентификация проблемы: на данном этапе важно понять источник проблемы, определить желаемое состояние системы и понять корневую причину, т.е. определить то событие, без которого отклонения не случилось бы. Зачастую на этом этапе требуется применить множество инструментов: начиная от мозгового штурма и диаграммы Исикавы до FMEA-анализа, дополнительных испытаний и экспериментов.

Разработка CAPA: на данном этапе рабочая группа экспертов предлагает сами мероприятия, определяет пути их реализации, взаимосвязь действий между собой (часто это «каскад» мероприятий) и устанавливает сроки для выполнения.

Таблица 1. Пример заполнения плана корректирующих и предупреждающих действий

Описание ситуации/отклонения	Критичность	Корневая причина	САРА	Должность, Ф.И.О. ответственного за выполнение	Срок выполнения		Фамилия, подпись, дата исполнителя
					План	Факт	
Отключение вентиляционной установки в помещении 1.2.44. (Протокол расследования 031-2023)	Существенное отклонение	Снижение уровня хладагента ниже критического уровня	Установка датчика контроля уровня хладагента	Механик Петров А.В.	08.03.2023		
			Описание порядка мониторинга уровня хладагента в СОП-01-001	Специалист отдела критических систем Иванов А.А.	08.04.2023		
			Установить автоматическую систему подачи хладагента	Инженер отдела автоматизации Сидоров А.А.	08.03.2024		

Важно, чтобы мероприятия САРА были адресными. Вернёмся к приведенному выше примеру о нарушении температурного режима. В ходе расследования было выяснено, что установка по охлаждению воздуха отключилась из-за отсутствия в ней хладагента. Незамедлительная коррекция в этой ситуации состоит в восполнении уровня хладагента. Корректирующее мероприятие – установка специального датчика контроля уровня хладагента и описание порядка мониторинга процессов локальной процедуре. Превентивная мера – установка автоматической системы подачи хладагента, не требующей постоянного контроля персоналом. Для каждого мероприятия исполнителем должен быть назначен конкретный специалист, а для выполнения задачи назначен конкретный срок, ведь до тех пор, пока САРА не внедрены, в системе качества остается «слабое» место, где ошибка может повториться.

При разработке плана CAPA необходимо помнить, что корректирующие мероприятия направлены на устранение уже возникшего события, это реактивная мера. Превентивные меры направлены на предотвращение аналогичных проблем в будущем. Эта мера является проактивной. С точки зрения бизнес-процессов предотвращать проблемы всегда выгоднее, нежели исправлять их.

Именно поэтому в последние годы во многих компаниях фармацевтической отрасли всё большее внимание уделяется переходу от CAPA к PACA – то есть к такой модели, где 80 % усилий направлено на совершенствование и предотвращение проблем (preventive actions на первом месте), и лишь 20 % усилий связано с устранением случившихся ошибок.

Заключительный этап – непосредственная реализация мер CAPA исполнителями, оценка результатов внедрения и контроль результативности в ходе работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования / Справочная система «Консультант-Плюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_194941/.
2. Corrective and Preventive Actions (CAPA) / Официальный сайт FDA. URL: <https://www.fda.gov/corrective-and-preventive-actions-capa>.

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В.М. Гулин, В.В. Кочерова

Научный руководитель – **В.В. Кочерова**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В данной статье рассматриваются основные несоответствия и дефекты, которые могут повлиять на качество лопаток газотурбинного двигателя. Проведённый их анализ выделяет ряд наиболее значимых несоответствий, которые легче обнаружить и исправить, нежели предупредить. Для этого предлагается внедрить соответствующий программно-аппаратный комплекс и разработать необходимую документацию как программу контроля качества лопаток ГТД.

Ключевые слова: лопатка ГТД, несоответствия, дефекты, программа контроля качества

PREREQUISITES FOR DEVELOPMENT OF GAS TURBINE ENGINE BLADE QUALITY CONTROL PROGRAM

V.M. Gulin, V.V. Kocherova

Scientific Supervisor – **V.V. Kocherova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

This article discusses the main inconsistencies and defects that may affect the quality of the blades of the gas turbine engine. Their analysis identifies a number of the most significant inconsistencies that are easier to detect and correct than to warn. To do this, it is proposed to implement an appropriate software and hardware complex and develop the necessary documentation as a program for quality control of gas turbine engine blades.

Keywords: gas turbine engine blade, nonconformities, defects, quality control program

К производству наиболее ответственных деталей в авиационной промышленности предъявляется всё больше и больше требований как с целью обеспечения надёжности изделия, так и с целью повышения тех-

нико-эксплуатационных характеристик. К таким изделиям относятся лопатки газотурбинного двигателя (ГТД) [1]. Для таких компонент ГТД 2-4 уровня характерно огромное многообразие по размерам, формам и назначению, что подтверждает ценность изделия. Расчётно-практические данные утверждают, что на 1 ГТД количество лопаток может измеряться в тысячах единиц, что требует от производственных мощностей как соответствующей пропускной способности, так и обеспечения должного качества изделия. Ведь в авиационной промышленности качество неразрывно связано с безопасностью и надёжностью. Что формирует дополнительные требования.

Немного изменив методику, предложенную в исследованиях [2], проведем анализ причин несоответствий при производстве лопаток ГТД.

Встречаемые несоответствия на лопатках ГТД формируются в рамках блоков операций как литейные операции (поверхностные повреждения) и операции по приданию геометрии (несоответствие геометрических параметров), откуда готовая лопатка поступает на контроль и сборку. Представив наиболее значимые несоответствия и дефекты, была сформирована диаграмма Исикавы (рисунок 1).

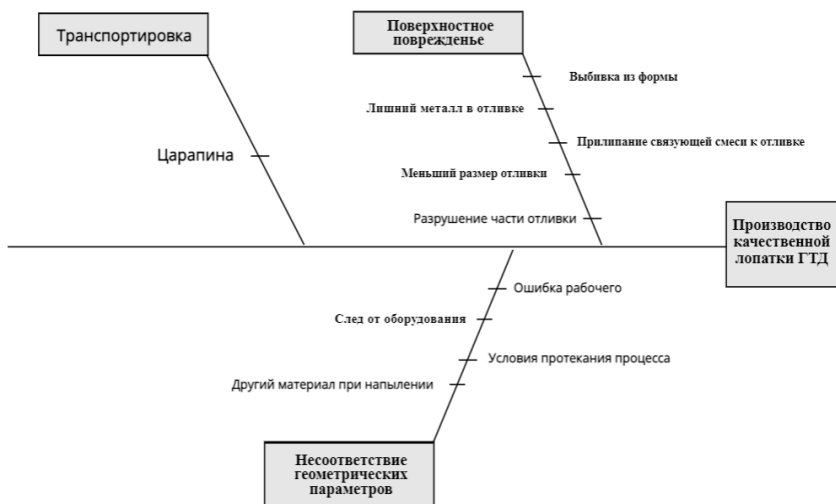


Рис. 1. Основные дефекты и несоответствия, встречаемые на лопатках ГТД

Для выявления наиболее значимых причин проблемы (обеспечение качества лопаток ГТД), был проведён их экспертный анализ (таблица 1). В качестве экспертов выступили лица, знакомые с тематикой работы.

Таблица 1. Ранговые оценки причин, оказывающих воздействие на качество лопаток ГТД

Эксперт	Показатели причин проблемы, n										$\sum R_i$
	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆	n ₇	n ₈	n ₉	n ₁₀	
1	1	4	6	7	9	2	8	3	10	5	55
2	2	4	7	5	10	1	8	3	9	6	55
3	4	3	6	7	8	1	9	2	10	5	55
Данные по статистической обработке экспертных оценок											
S _i	7	11	19	19	27	4	25	8	29	16	-
S _i -S _{ср}	-9,5	-5,5	2,5	2,5	10,5	-12,5	8,5	-8,5	12,5	-0,5	-
(S _i -S _{ср}) ²	90,25	30,25	6,25	6,25	110,25	156,25	72,25	72,25	156,25	0,25	-
g _i	0,17	0,14	0,08	0,08	0,02	0,19	0,037	0,16	0,007	0,1	-
g _i	+	+				+		+		+	-
W	0,94										
χ^2	25,38										
$\chi^2_{0,95;9}$	16,9										

Примечание: Существенно значимые причины отмечены «+».

Произведя оценку значимости коэффициента Конкордации (W) по критерию χ^2 , была доказана его статистическая значимость ($\chi^2 > \chi^2_{0,95;9}$). Соответственно, наиболее значимыми причинами (несоответствиями и дефектами), влияющими на качество лопаток ГТД, являются царапина, выбивка из формы, разрушение части отливки, след от фрезы, другой материал при напылении. А значение коэффициента конкордации Кендалла, близкое к единице, позволяет утверждать, что мнения приглашенных экспертов согласованны.

Далее для оценки риска возникновения причин и потенциальных отказов был проведён FMEA-анализа процесса производства лопаток ГТД (таблица 2).

На основе данных таблицы, делаем вывод, что как таковых потенциально опасных рисков нет, в т.ч. среди ранее выделенных наиболее значимых причин, влияющих на качество лопаток ГТД. Однако если говорить о литейных операциях, в тех случаях, когда на данных операциях возникает брак, то продукция относится к забракованной и списывается, это объясняется ее особенностями литейного производства. В то время как вызываемое несоответствие «след от оборудования», может быть исправлен зачисткой в определённых ситуациях.

Таблица 2. FMEA-анализа процесса производства лопаток ГТД

Процесс	Потенциальное несоответствие (отказ)		Значимость (S)	Потенциальные причины или механизмы несоответствия (отказа)	Возникновение (O)	Меры по предотвращению	Меры по обнаружению	Обнаружение (D)	ПЧ Р
	Лишней металл в отливке	Меньший размер отливки							
Литьё	Поверхностное повреждение	Лишней металл в отливке	8	Засор	9	Увеличение связующей смеси	Визуальный контроль	1	72
		Меньший размер отливки	8	Ужим	9	Изменение технологии	Визуальный контроль	1	72
		Выбивка из формы	6	Низкая температура сплава	5	Корректировка температуры сплава	Визуальный контроль	1	30
		Прилипание связующей смеси	7	Очистка	10	Изменение хим. состава смеси	Визуальный контроль	1	70
		Разрушение части отливки	10	Растягивающее напряжение	7	Избавление от механического торможения	Визуальный контроль	1	70
Придание геометрии	Несоответствие геометрических параметров	Ошибка рабочего	8	Невнимательность	7	Мотивация	Визуальный (операционный) контроль	1	56
		След от оборудования	7	Особенность оборудования	5	Наладка оборудования	Визуальный контроль	2	70
		Условия протекания процесса	4	Отсутствие контроля	5	Созд. соответствующих условий	Операционный контроль	1	20
		Другой материал при напылении	5	Невнимательность	5	Мотивация	Операционный контроль	3	75
Транспортно-поверхнос. повреждение	Царапина	3	Неправильная транспортировка	4	Использование мягких поверхностей	Визуальный контроль	2	24	

Таким образом, это наводит на мысль: что с одними несоответствиями проще смириться, чем исправить, с другими целесообразно делать акцент на своевременном обнаружении. К таким несоответствиям относятся царапины, трещины, риски и следы от фрезы. Это же подтверждает метод «5 почему», что эти несоответствия необходимо своевременно находить в рамках визуального контроля.

Для этого можно внедрить программно-аппаратный комплекс (ПАК), основанный на машинном зрении, который мог бы в условиях огромной пропускной способности заменить контролёра, а также исключить ошибку пропуска несоответствий на следующие технологические операции.

Функционал, основные этапы внедрения и эффект были представлены в работе [3]. Однако для успешного применения инструмента необходимы сопутствующие документы как программа контроля качества лопаток ГТД, построенная на основе предлагаемого ПАК, так и паспорт проекта внедрения ПАК.

Таким образом, была подтверждена необходимость организации производства с точки зрения передовых достижений науки и техники. Совершенство, которого будет сильно затруднено, а в некоторых случаях даже мало результативно без разработки паспорта проекта и, в данном случае, программы контроля качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Крымов В.В.* Производство газотурбинных двигателей / В.В. Крымов, Ю.С. Елисеев, К.И. Зудин. Под ред. В.В. Крымова. М.: Машиностроение / Машиностроение-Полет, 2002. 376 с.
2. *Коптева И.А.* Менеджмент качества полиграфической продукции на основе методологии FMEA / И.А. Коптева, У.М. Кабанова, А.С. Ермишин // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 21 апреля 2021 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 2 ч. Ч. 2. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2021. С. 620-624.
3. *Гулин, В.М.* Техническое перевооружение производства в соответствии с вызовами и трендами времени / В.М. Гулин, Е.М. Шастина // XI Международная конференция школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее»: сб. науч. тр. / Томский политехнический университет. Томск, 2022. С. 58-61.

**ПРОИЗВОДСТВО С НУЛЕВЫМ ДЕФЕКТОМ НА ОСНОВЕ
РОБАСТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
(ПО МАТЕРИАЛАМ ООО ПТК «СГМ»)**

М.-Х.Х. Наурбиев, А.М. Бугрцова, С.А. Царева

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В данной статье показаны условия реализации условия с нулевым дефектом на примере на примере моделирования и создания земснарядов на ООО «СГМ», описана методологическая основа робастного проектирования, обоснованы пути снижения дефектности производства в контексте принципов робастного подхода, сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: нулевой дефект, цифровизация, робастное проектирование, производство земснарядов

**ZERO DEFECT PRODUCTION BASED ON ROBUST DESIGN
(BASED ON THE MATERIALS OF THE PTK SGM LTD.)**

M.-Kh.Kh. Naurbiev, A.M. Bugretsova, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This article shows the conditions for the implementation of a condition with zero defect by the example of modeling and creating dredgers at SGM LLC, describes the methodological basis of robust design, justifies ways to reduce production defects in the context of the principles of a robust approach, and draws appropriate conclusions.

Key words: zero defect, digitalization, artificial intelligence, robust designing, dredge production

Системное проектирование, как первый этап робастного проектирования – изготовления базового работоспособного образца на основе научных и технических знаний. Системное проектирование процесса «Производство земснарядов» включает в себя: разработку: контекстной диаграммы процесса, декомпозиции процесса, блок-схем протекания

подпроцессов; определение основных потребностей и ожиданий заинтересованных сторон процесса; разработку показателей результативности, эффективности и удовлетворенности потребителей процесса и методики их оценки [1].

Результаты системного проектирования процесса служат неким шаблоном для дальнейших этапов робастного проектирования. Они формируются с учетом фактического осуществления деятельности организацией без идеализации. Идеализация происходит уже после последнего этапа за счет внесения изменений в результаты системного проектирования. В шаблоны после этого этапа вносятся изменения с учетом параметрического проектирования и проектирования допусков.

Используя метод робастного проектирования процесса, были сформированы следующие этапы:

1. Составление перечня функциональных характеристик, управляемых параметров и источников помех - это: процент выполнения плана по количеству выполненных заявок; количество отказов/жалоб клиентов; количество доработок (ошибок) при ремонте и обслуживании.

2. Планирование эксперимента с помощью ортогональных матричных планов связано с решением двух вопросов:

- как варьировать значения управляемых параметров?
- как измерить влияние помех?

3. Проведение основного эксперимента и использование его результатов для оценивания улучшенных значений управляемых параметров.

4. Реализация дополнительного эксперимента для проверки правильности полученных оценок.

Наглядно рассмотрим всплывающие на практике дефекты в ходе данного проектирования на примере производства земснарядов.

С помощью различных видов земснарядов решается много разных задач, связанных с разработкой подводного грунта. Спрос на них достаточно высок. Благодаря возможности монтирования на понтоны оборудования практически любой мощности, такие установки могут иметь различную производительность, в том числе и очень высокую.

Рассмотрим дефекты на стадии проектирования, производства, эксплуатации, наработки клиентской базы, контактирования с клиентами, наработка и работа с поставщиками и прочее.

На стадии формирования и наработки клиентской базы – дефект – недостаточно оперативный анализ сайтов/форумов/баз покупок-продаж/объявлений. Здесь мы можем предложить следующее решение этих помех-дефектов: Оперативный анализ информации, размещенной в хранилище данных, может быть выполнен с использованием информации

онных систем, разработанных специально для оперативной аналитической обработки данных.

Так, если переложить для наглядности указанную систему на наше предприятие, то получается следующее: она поможет обрабатывать данные, лежащие в основе спроса на земснаряды. Например, анализ сайтов об объявлении тендера на строительство дорог, жилых комплексов, набережных; информации о затоплении населенных пунктов по причине выпадения большого количества осадков, повышения уровня воды в реках, озерах и иных водоемах; данных о загрязнении судового хода.

Также с помощью таких систем менеджеры по принятию решений могут просматривать и анализировать данные в наиболее удобной для них форме, агрегировать и детализировать информацию, получать промежуточные итоги, использовать графическое представление информации, а также выдавать отчеты, необходимые руководству предприятия для принятия управленческих решений.

Основные источники помех в процессе производства земснарядов: высокая занятость начальника производства – владельца процесса; высокая занятость ст. инженера – специалиста «на периферии работ»; ненормируемость времени получения заявки от заказчиков; нечеткость, неясность пожеланий клиента.

В ходе эксплуатации земснарядов могут появляться разные дефекты. Так, быстрому износу подвержено рабочее колесо грунтового насоса, бронедиски. Важно не допускать его излишнего истирания (менять вовремя), дабы не снизить производительность оборудования. Даже износ в 10% существенен [2].

При эксплуатации такого гидротехнического оборудования могут выходить из строя папильонажные лебедки, особенно когда их неправильно эксплуатируют. В связи с постоянным нахождением в воде, не стоит забывать о коррозии, разъедающей металлические изделия. Она приводит к рыхлости металла, растрескиванию и другим дефектам. Из-за не очень качественной сварки в ходе эксплуатации плавучих земснарядов могут появиться дефекты состава и структуры швов.

Для обеспечения бесперебойной работы земснаряда, необходимо контролировать исправность всех механизмов и приборов, а также квалифицированно их использовать. Поэтому большое значение имеет проверка узлов и механизмов земснаряда перед пуском, проверка правильности расположения плавучего пульпопровода, наличия в подшипниках смазки, работоспособности папильонажных тросов, питающего кабеля и др. Если в этих узлах имеются неисправности (дефекты), связанные с выходом из строя электрических элементов механическими повреждениями тех или иных деталей, стабильной работы плавучего земснаряда не добиться [3]. А если внедрить цифровые технологии в целях приведе-

ния помех-дефектов нулю, то получим: автоматизированную систему управления.

При установлении системы видеонаблюдения все приоритетные узлы земснаряда (главный двигатель/насос) находятся под постоянным контролем, что, безусловно, отражается на безопасности работ. Причины отклонения в эксплуатации земснарядов легко устанавливаются благодаря приведенной системе видеонаблюдения.

Принципы робастного проектирования уделяют особое внимание совершенствованию процессов, устранение отходов и повышению общей производительности процессов. Робастный подход фокусируется на результатах производственного процесса, делая упор на эффективности качества и цели устранения или уменьшения вариативности процесса для улучшения качества.

Один из способов выявления дефектов в работе земснаряда при его эксплуатации – сопоставление графиков по добыче грунта, времени работы, времени простоя и расходу горючего. Такие графики должны составляться машинистами гидротехнических средств постоянно, т.к. по ним можно сделать глобальные выводы об их работе. В частности, когда кривые добычи грунта и расхода горючего параллельны друг другу - работа плавучего земснаряда стабильна. Если же показатели расхода топлива соответствуют часам работы, а кривая добычи ушла вниз, значит, появились дефекты, которые, как правило, можно обнаружить визуальным способом, без применения специальных технических средств.

Как результат - более эффективное решение для сведения дефектов, как на стадии разработки, так и на стадиях проектирования и производства к нулю – внедрение цифровых технологий, установка ряда оборудования, условно, навигационного, эхолотов, ГЛОНАССа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Леон, Р.* Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути. СЕЙФИ. 2002. 225 с.
2. Zero Defect Manufacturing Using Digital Numerical Control. Volume 13. Number 3. September 2022. pp. 61–74 DOI: 10.24425/mper.2022.142383.
3. Дефекты, возникающие во время эксплуатации плавучих земснарядов. URL: <https://goo.su/oX86>.

**РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОКРАЩЕНИЮ
ПОТЕРЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ
(НА ПРИМЕРЕ ЗАО «НПО РЕГУЛЯТОР»)**

К.В. Некипелова, Е.М. Шастина

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассмотрены вопросы, связанные с сокращением потерь на производственном предприятии и повышением эффективности деятельности, что неотъемлемо связано с использованием высокоэффективных технологических процессов для выпуска продукции неизменно высокого качества.

Для решения поставленной проблемы необходимо, прежде всего, разработать мероприятия, направленные на улучшение производственных процессов – снижение уровня брака и повышение общей эффективности производства и работы оборудования. В целом мероприятия должны быть направлены на повышение удовлетворенности внутренних и внешних потребителей качеством выпускаемой продукции.

***Ключевые слова:** система менеджмента качества, производственные потери, производство, продукция*

**DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE LOSSES
AT A MANUFACTURING ENTERPRISE
(USING THE EXAMPLE OF «NPO REGULATOR»)**

K.V. Nekipelova, E.M. Shastina

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article deals with issues related to reducing losses at a manufacturing enterprise and improving the efficiency of activities, which is inherently associated with the use of highly efficient technological processes for the production of consistently high quality products. To solve this problem, it is necessary to develop measures that will be aimed primarily at improving production processes – reducing the level of defects and increasing the overall efficiency of production and equipment operation. In general, the measures should be aimed at increasing the satisfaction of both internal

and external consumers with the quality of products. The article deals with issues related to reducing losses at a manufacturing enterprise and improving the efficiency of activities, which is inherently associated with the use of highly efficient technological processes for the production of consistently high quality products. To solve this problem, it is necessary to develop measures that will be aimed primarily at improving production processes – reducing the level of defects and increasing the overall efficiency of production and equipment operation. In general, the measures should be aimed at increasing the satisfaction of both internal and external consumers with the quality of products.

Keywords: *quality management system, production losses, production, products*

Любая производственная организация заинтересована в улучшении качества своей продукции. Сегодня рынок предполагает очень жесткие условия: если товар не соответствует определенным требованиям покупателей, производитель не может его продать. Поэтому производственные организации заинтересованы в хорошей системе производства продукции и контроля ее качества. Однако, несмотря ни на что, вероятность брака в любом производственном процессе все еще существует.

Правильное ведение учета затрат в условиях рыночной экономики позволяет руководству организации получать точные данные о имеющихся в организации ресурсах [1].

Поиск методов совершенствования бизнес-процессов путем снижения издержек производства с целью повышения эффективности производства сегодня является важным и актуальным.

Потери — это операции, на которые затрачиваются временные и материальные ресурсы без добавления ценности товару или услуге для конечного потребителя [2].

В соответствии с концепцией бережливого производства на предприятиях выделяют семь видов потерь:

- перепроизводство;
- ожидание;
- ненужная транспортировка;
- лишняя обработка;
- лишние запасы;
- дефекты;
- лишние движения.

Большинство из этих видов, а именно перепроизводство, ожидание, дефекты, лишние движения встречаются на предприятии ЗАО «НПО Регулятор», которое занимается выпуском трубопроводной арматуры.

Поэтому для разработки мероприятий по сокращению потерь на предприятии ЗАО «НПО Регулятор» можно использовать следующий алгоритм:

- Определение видов потерь на предприятии. Для этого проводится анализ производственных процессов, и выявляются основные и дополнительные потери.

- Определение причин потерь. Для каждого вида потерь нужно выяснить, почему они возникают. Причины могут быть разные: технологические, организационные, кадровые и т.д.

- Оценка величины потерь. Для каждого вида потерь нужно определить, насколько они влияют на эффективность производства и на размер прибыли.

- Разработка мероприятий по сокращению потерь. На основе анализа и оценки потерь необходимо разработать конкретные мероприятия по их устранению или сокращению. Мероприятия могут быть различными: изменение технологических процессов, внедрение нового оборудования, обучение персонала и т.д.

- Оценка эффективности мероприятий. После внедрения мероприятий необходимо оценить их эффективность и сравнить с предыдущими показателями. Если мероприятия оказались эффективными, то их можно продолжить и расширить [3].

В качестве мероприятий по сокращению потерь на производственном предприятии ЗАО «НПО Регулятор» можно предложить следующие:

- Внедрение новых технологических процессов, позволяющих сократить время производства и уменьшить количество брака.

- Обучение персонала новым навыкам и технологиям, путем повышения квалификации.

- Внедрение системы контроля и управления качеством, позволяющей своевременно выявлять и устранять возможные проблемы.

- Замена устаревшего оборудования на новое, более эффективное и экономичное.

- Оптимизация логистических процессов, связанных с доставкой и хранением готовой продукции.

- Внедрение системы мониторинга и анализа производственных процессов, позволяющей оптимизировать их и выявлять возможные проблемы заранее [4].

С позиции возможных выгод и минимальных затрат наилучшими решениями представляется внедрение методов Бережливого производства таких как:

- внедрение стандартной операционной процедуры (SOP) на рабочем месте штамповщика;

- применение метода быстрого поиска причин возникших несоответствий «Пять почему»;

- внедрение системы всеобщего обслуживания оборудования (TPM).

Стандартная операционная процедура (СОП) – это подробное письменное руководство, которое обеспечивает плавное выполнение функций визуального и измерительного контроля.

Внедрение системы SOP в деятельность предприятия облегчит понимание выполняемых задач сотрудников, позволит избегать нестандартных ситуаций, а также отслеживать, контролировать используемые методы и технологии, тем самым сокращая потери времени и потери, связанные с лишними движениями.

Один из ключевых инструментов бережливой системы является метод 5s, который направлен, прежде всего, на устранение потерь лишних движений за счет эффективной организации рабочего пространства персонала. Правильно применяя 5s, экономится до 15 % рабочего времени.

Применение метода 5s позволяет привести в порядок рабочие места, производственные площади, определить место каждого необходимого предмета, что позволяет снизить затраты, связанные с избыточными перемещениями и ожиданиями.

Об успешном внедрении системы 5S свидетельствует значительное сокращение количества расходных материалов и площади рабочей зоны. Все рабочие инструменты и расходные материалы должны быть помечены цветными бирками и храниться в специально отведенных местах (корзинах, ящиках).

Также использование системы 5S ведет к росту таких производственных показателей как:

- прозрачный технологический маршрут;
- чистая рабочая зона и удобное рабочее место;
- уменьшение временных затрат на наладку оборудования;
- сокращение продолжительности технологического цикла;
- расширение рабочего пространства;
- снижение травматизма на предприятии;
- сокращение потерь рабочего времени;
- повышение надежности оборудования.

Снижение скорости, простои, необходимость ремонта и переналадки напрямую влияют на прибыль предприятия. Одним из современных способов уменьшения негативного воздействия этих факторов является ТРМ (Всеобщий уход за оборудованием).

Цель ТРМ – значительное увеличение производительности оборудования, улучшение морального духа сотрудников и степень их удовлетворенности работой [5].

Внедрение ТРМ на ЗАО «НПО Регулятор» позволит содержать рабочее место в чистоте, сократить издержки производства на 30 %, повы-

силь эффективность использования имеющегося оборудования за счет его непрерывного улучшения и проектирование нового оборудования, тем самым сокращая потери на оборудовании.

Таким образом, эффект от внедрения методов Бережливого производства достигается не только за счет предотвращения брака и снижения затрат на контроль производимой продукции, но и за счет совершенствования самих процессов, что ведет к производству продукции или оказанию услуг более высокого качества. Применение предлагаемых мероприятий на предприятии ЗАО «НПО Регулятор» подразумевает создание гибкой системы производства, способной к постоянному совершенствованию, и будет способствовать снижению потерь производственных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО/ТО 10013-2007 Менеджмент организации. Руководство по документированию системы менеджмента качества. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200057636>.
2. Потери производства. URL: <https://deepcloud.ru/articles/chto-takoe-skrytye-poteri-predpriyatiya/>.
3. ГОСТ 7566-2018Metalлопродукция. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение». Введ. 2019-02-01. М.: ФГУП «Стундартинформ», 2019. 28 с.
4. *Басовский Л.Е.* Управление качеством: учебник / Л.Е. Басовский, В.Б. Протасьев. М.: ИНФРА-М, 2004. 212 с.
5. *Вумек Дж.* Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Джеймс Вумек, Дэниел Джонс; Пер. сангл. 7-е изд. М.: Альпина Паблишер, 2013. 472 с.

**РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО
ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ
В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
РЕГИОНАЛЬНОГО СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ**

С.С. Паршина, В.С. Круглова, С.А. Царева

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный университет

Рассматриваются факторы, влияющие на качество лакокрасочного покрытия (ЛКП), и определен наиболее подходящий вид статистического приемочного контроля качества (СПК) лакокрасочного покрытия. С помощью СПК можно обеспечить снижение уровня дефектности выпускаемой продукции и оптимизацию цикла контроля ЛКП.

Ключевые слова: статистический приемочный контроль, лакокрасочное покрытие, процесс окраски судна

**THE ROLE AND IMPORTANCE OF STATISTICAL
ACCEPTANCE CONTROL OF THE QUALITY OF PAINT
AND VARNISH COATING IN IMPROVING THE QUALITY
OF PRODUCTS OF A REGIONAL SHIPBUILDING COMPANY**

S.S. Parshina, V.S. Kruglova, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The factors affecting the quality are considered paint and varnish coating (PVC) and the most appropriate type of statistical acceptance quality control (SAC) of the paintwork is determined. With the help of the SAC, it is possible to reduce the level of defective products and optimize the control cycle of the LCP.

Keywords: statistical acceptance control, paint and varnish coating, vessel painting process

В основе СПК качества продукции лежит применение методов математической статистики. Данный вид контроля проводят в целях подтверждения или опровержения верности информации поставщика о соответствии качества контролируемых совокупностей продукции установленным требованиям. СПК применим к совокупности любой продукции, которая поставляется в виде партии, потока, массы и объема. СПК может осуществлять поставщик, потребитель или третья сторона, применяющие единую систему согласованных планов и схем контроля. Основным критерием СПК является групповой показатель качества, которые отражают количественную характеристику качества совокупности продукции.

Объектом исследования выбран ПАО «Ярославский судостроительный завод» (ЯСЗ). Предметом исследования является процесс контроля качества лакокрасочного покрытия.

Актуальность работы обусловлена высокими требованиями к лакокрасочному покрытию судна, в том числе обеспечения антикоррозионных свойств направленных на сохранность и защиту корпуса судна.

Важным направлением деятельности ПАО «ЯСЗ», помимо судостроения, является ремонт судов. ПАО «ЯСЗ» располагает всем необходимым оборудованием и квалифицированным персоналом. Производственные мощности завода позволяют выполнять ремонт всех типов судов, весовые нагрузки и габариты которых отвечают возможностям слипа и акватории завода.

Технологический процесс окраски судна на ПАО «ЯСЗ» осуществляется в соответствии с требованиями технологических инструкций, которые разрабатываются инженерами-технологами завода на определенный проект судна с учетом особенностей этого судна. Процесс окраски поверхностей состоит из нескольких стадий:

- 1) Подготовка поверхности.
- 2) Приготовление лакокрасочных материалов (ЛКМ).
- 3) Нанесение ЛКМ.

На этапе подготовки поверхности происходит устранение дефектов поверхности по ISO 8501-3:2006. На поверхности подлежащий окрашиванию, не допускаются: заусенцы, острые кромки радиусом менее 2,0 мм, сварочные брызги, наплывы пайки, прижоги, остатки флюса. Контроль устранения дефектов – визуально при хорошем освещении [1].

Основной задачей приемочного контроля качества продукции является определение приемлемости поставленной или предполагаемой к поставке единицы или партии продукции.

Статистический приемочный контроль (СПК) производится на основе плана, который включает в себя:

- правила и порядок формирования выборок определенных размеров одноступенчатых, многоступенчатых и последовательных процедур;

- правила обработки данных контроля и принятия решений по результатам контроля выборок.

Достоверность планов и схем СПК задается в двух видах:

- ограничения на риск потребителя при контроле поставщика (в виде нормативного значения риска потребителя β_0) и ограничения на риск поставщика при контроле потребителя (в виде нормативного значения риска поставщика α_0);

- ограничение на уровни доверия (γ, ν) при использовании поставщиком и потребителем в правилах принятия решений доверительных границ (интервалов, множеств) на групповые показатели качества продукции.

ГОСТ 9.032-74 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения определяет контролируемые дефекты для ЛКП, такие как:

- Включения (количество, шт/м, не более; размер, мм, не более; расстояние между включениями, мм, не менее).

- Шагрень (лакокрасочное покрытие, характеризующееся наличием рисунка, напоминающего шагреньевую кожу)

- Потечи (избыточная толщина ЛКП, которая образуется из-за стекания лакокрасочного материала во время нанесения и отверждения ЛКП на вертикальных и наклонных участках окрашиваемой поверхности).

- Штрихи, риски.

- Волнистость, мм, не более.

- Разнооттеночность.

- Неоднородность рисунка.

- Блеск лакокрасочного покрытия (оптическое свойство поверхности, характеризующее ее способность зеркально отражать световые лучи [2]).

В ГОСТ 9.407-2015 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида показатели внешнего вида покрытий подразделяются на две основные группы: декоративные свойства и защитные свойства.

Основная масса дефектов лакокрасочных покрытий образуется из-за некачественной подготовки поверхности, поэтому необходимо проводить тщательную подготовку поверхности от грязи, песка, пыли, плесени, масла, смазки, ржавчины, окалины, остатков старых лакокрасочных покрытий и др. Интервал времени, между подготовкой поверхности и окрашиванием, должен быть минимально возможным, для исключения нового загрязнения поверхности.

Для избегания получения дефектов необходимо соблюдать заданные технологические режимы окрашивания и отверждения лакокрасоч-

ного покрытия (температура, относительная влажность воздуха, время и др.).

Большинство дефектов удаляются при помощи шлифования покрытия в области образования дефекта с дальнейшим нанесением нового покрытия по основной технологии [3-5].

Методика носит объективный характер оценки, основанный на статистических правилах, что позволяет регулировать технологический процесс окраски, следовательно, предупреждение брака путем своевременного внесения корректировок технологии по данным контроля.

Для выявления дефектов ЛКП используется СПК, основанный на методах математической статистики, позволяющий с определенной вероятностью сказать о годности или о непригодности партии продукции. Продукция может быть представлена в виде любой совокупности единиц, как штучных, так и нештучных.

ЛКП в судостроительной отрасли несет ответственность за сохранность и защиту корпуса судна, поэтому в данной отрасли используются ЛКМ, обладающие набором определенных свойств:

- Антикоррозионная защита различных поверхностей в различных условиях эксплуатации: наружная и внутренняя окраска корпуса судна, междонных пространств, цистерн различного назначения, механизмов и оборудования, служебных и жилых помещений.

- Противообрастающая защита для обеспечения изначальной скорости судна и маневренности судна, беспрекословной работы оборудования, смонтированных в подводной части корпуса судна.

- Декоративный вид судна.

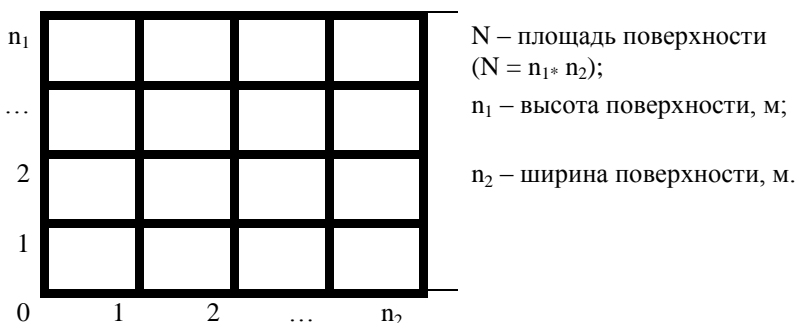


Рис. 1. Представление ЛКП для формирования выборки

Качество ЛКП определяется толщиной пленки и отсутствием дефектов, влияющих на защитные свойства покрытия: растрескивание, отслаивание (шелушение), образование пузырей (вздутие), и отсутствием

дефектов, влияющих на декоративные свойства покрытия: включения, шагрень, потеки, наплывы, штрихи, риски кратеры, разнооттеночность.

Качество ЛКП напрямую зависит от степени подготовки поверхности, так как данная операция несет ответственность за адгезию ЛКП. Адгезия обеспечивает проявление защитных свойств в полном объеме, кроме того защитные свойства обеспечивает толщина ЛКП, которая определяется химическим составом ЛКМ.

ЛКМ представляет собой синтез пленкообразующего вещества с различного рода добавками, которые обеспечивают проявление того или иного свойства. Покрытие может защищать поверхность от атмосферного влияния, от влияния среды повышенной влажности, от влияния агрессивных сред (маслобензостойкие, химически стойкие), от влияния температур, а также изолировать поверхности от электрического тока. Внешний вид покрытия напрямую зависит от метода нанесения ЛКМ.

Браковочный уровень качества q_m согласно ГОСТ 16493-70, определяется соглашением между поставщиком и потребителем, таким образом, для ПАО «ЯСЗ» $q_m = 10\%$, при риске потребителя $\beta = 0,05$. Вариант браковки В, когда партия возвращается поставщику, так как экономически нецелесообразно проводить сплошной контроль партии. На основании вышеизложенного, план контроля А 10,00В ГОСТ 16493-70.

Выбор метода окрашивания обуславливается видом ЛКМ, требованиями к внешнему виду, а также характеристиками самого изделия, подготовленного к окраске (габариты, конфигурация). Качество любой окрашенной поверхности можно охарактеризовать классом, баллом, количественным показателем или любым другим методом. Все данные методы объединяет то, что качество определяется количеством и размерами дефектов в площади поверхности. Поэтому качество ЛКП может быть определено с помощью СПК, основные аспекты которого позволяют сформировать процесс приемки покрытия, который позволит исключить пропуск дефектов лакокрасочного покрытия с вероятностью 0,95 и сократить время, затрачиваемое на контроль покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Елисаветский, А.М.* Лакокрасочные материалы. Технология и оборудование: Справ.изд./А.М. Елисаветский, В.Н. Ратников, В.Г. Дорошенко и др.; Под ред. А.М. Елисаветского. М.: Химия, 1992. 416 с.
2. *Соколова, Е.А.* Выбор контрольных карт для управления процессом окраски судна / Соколова Е.А., Царева С.А. // 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: Изд-во ЯГТУ, 2018. 1136 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

3. *Царев Ю.В.* Статистические методы контроля и управления качеством. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку: учебно-методическое пособие / Ю.В. Царев, С.А. Царева, А.Н. Тростин // ГОУ ВПО Иван. гос. хим. -технол. ун-т. Иваново, 2007. -176 с.
4. *Шатов А.П.* Сварка и ремонт металлических конструкций с противокоррозионными покрытиями [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 150700 «Машиностроение» / А. П. Шатов, О. И. Стеклов, В. П. Ступников. Изд. 2-е, испр. Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 48 с.
5. *Короткова Л.Н.* Лакокрасочные материалы: учеб. пособие / Л.Н. Короткова; Гос. образоват. учреждение Респ. Марий Эл «Науч.-метод. центр проф. образования». Йошкар-Ола: Мар. гос. техн. ун-т, 2006 (Йошкар-Ола: РИЦ МарГТУ). 56 с.

**ВЛИЯНИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ
(НА ПРИМЕРЕ ООО «ПРОТЕМОЛ»)**

А.К. Поверинова, М.Б. Воронин, Е.М. Шастина

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье раскрыты проблемы, с которыми столкнулась Россия в настоящее время по импортозамещению продукции, работ, услуг, оборудования и прочего, которые могут оказать влияние на качество выпускаемой продукции. Рассматриваются пути решения данной проблемы с помощью государственной поддержки на примере предприятия ООО «Протемол». Обобщены и сделаны выводы, как будет происходить развитие промышленности России в такой непростой ситуации.

Ключевые слова: качество, импортозамещение, санкции, «Протемол», оборудование, промышленность

**THE IMPACT OF IMPORT SUBSTITUTION IN INDUSTRY
ON PRODUCT QUALITY
(FOR EXAMPLE ООО «PROTEMOL»)**

A.K. Poverinova, M.B. Voronin, E.M. Shastina

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecture

Yaroslavl State Technical University

The article reveals the problems that Russia is currently facing in terms of import substitution of products, works, services, equipment and other things that may affect the quality of products. The ways of solving this problem with the help of state support are considered on the example of the company ООО «Protamol». The conclusions are summarized and drawn on how the development of Russian industry will take place in such a difficult situation.

Keywords: quality, import substitution, sanctions, «Protamol», equipment, industry

В настоящее время Российскую Федерацию коснулось очень много санкций, которые затрагивают самые разные сектора экономики: от бизнеса до культуры и искусства.

Производители промышленного и пищевого оборудования за прошедший год столкнулись с серьезными проблемами в отношении зависимости России от иностранного оборудования, комплектующих и специализированного программного обеспечения, которое раньше поставлялось из-за границы в огромных объемах. На данный момент в России есть оборудование, которое возможно купить только за пределами нашей страны, например, вакуумно-выпарные аппараты молока почти на 100 % импортные. Из-за введенных в отношении России и российских компаний санкций, многие иностранные поставщики отказываются делать поставки, а иногда даже не возвращают перечисленные им авансовые платежи, из-за чего российские производители теряют много средств и работают в минус, ухудшается качество производимой продукции, снижается конкурентоспособность предприятия.

На сегодняшний день подход к импортозамещению поменялся, что связано с введением санкций в отношении России. Так, если еще до марта 2021 при запуске проектов осуществлялась оценка их рентабельности, экономически нецелесообразные проекты не принимались к реализации, то с начала весны 2022 промышленный пакет был расширен в силу необходимости выпуска отечественной продукции высокого уровня качества. Было издано Постановление Правительства № 552 от 31.03.2022 [1], что в стране должны быть увеличены всевозможные гранты на создание отечественных аналогов оборудования и комплектующих, которые ранее поставлялись исключительно из-за рубежа.

С каждым годом, все больше российских производителей различных отраслей, работают по программам субсидий. Тем самым, способствуя развитию российских технологий, разработке российского оборудования и повышению уровня качества продукции. Одним из таких российских производителей, которые работают по программе субсидий, является компания ООО «Протемол».

ООО «Протемол» [2] — стабильно и динамично развивающаяся производственно-коммерческая компания, ориентированная на обеспечение предприятий пищевой промышленности технологическим оборудованием и инженеринговыми решениями. Работа с заказчиками осуществляется по полному циклу, начиная от задумки, технологического проектирования, вплоть до монтажа и запуска в эксплуатацию, технологической поддержки и сервиса, комплексной автоматизации. Предприятие обеспечивает не только молокоперерабатывающую отрасль, но и кондитерскую промышленность.

Компания оказывает услуги по технологическому проектированию, участвует в реконструкции и модернизации существующих производств, разрабатывает проекты автоматизации. Осуществляет сервисное обслуживание оборудования собственного производства, занимается поставками оборудования иностранного и отечественного производства «под ключ». Среди уникальных инженеринговых решений можно выделить разработки компании Протемол такие как; пастеризационно–охладительная установка с функцией автоматической поточно-емкостной нормализации.

ООО «Протемол» является участником программы «Субсидии производителям специализированной техники или оборудования для пищевой и перерабатывающей промышленности в целях предоставления покупателям скидки при приобретении такой техники или оборудования» и предоставляет скидки покупателям пищевого оборудования (Постановление Правительства РФ от 04.06.2020 № 823 [3]). ООО «Протемол» поставляет оборудование с полным запуском (выполнение монтажных и пусконаладочных работ) по программе Грантовой поддержки сельскохозяйственных потребительских кооперативов.

В режиме активного импортозамещения данное предприятие готовит инновационный проект «Технология производства вакуум-выпарного аппарата» с производительностью от 4 до 8 тонн испаренной влаги в час и распылительной сушилки с досушиванием и охлаждением в «кипящем слое» с производительностью от 0.5 до 1 тонны испаренной влаги в час» в рамках государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» [4].

Такие вакуумно-выпарные аппараты входят в состав многих технологических линий различных отраслей промышленности. Чаще всего это фармацевтическое производство и пищевая промышленность. В пищевой промышленности используется при производстве варенья, джемов, конфитюров, детского питания, фруктовых и овощных пюре, томатной и других видов паст. Подобные установки применяются и в молочной промышленности при получении стуженного молока с сахаром и без него.

Таким образом, создание российского оборудования взамен иностранного в России устранил проблемы долгой доставки из-за рубежа, зависимость от комплектующих, цен и ситуаций в мире, повысит качество выпускаемой продукции, а также поможет экономике и технологиям выйти на новый, более высокий уровень.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2022 № 522 «О внесении изменений в Правила предоставления субсидии из федерального бюджета автономной некоммерческой организации «Агентство по технологическому развитию» на поддержку проектов, предусматривающих разработку конструкторской документации на комплектующие изделия, необходимые для отраслей промышленности. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202204040037>.
2. Официальный сайт «Протемол». URL: <https://protex.ru/>.
3. Постановление Правительства РФ от 04.06.2020 № 823 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета производителям специализированной техники или оборудования в целях предоставления покупателям скидки при приобретении такой техники или оборудования». URL: <https://base.garant.ru/74225985/>.
4. Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 г. № 377 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). URL: <https://base.garant.ru/72216664/>.

**СТАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ:
ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ В УСЛОВИЯХ
ПАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС»**

А.С. Семенова, С.А. Царева

Научный руководитель – **С.А. Царева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается статическое управление процессами в системе экологического менеджмента на предприятии нефтехимической промышленности и корреляционный анализ показателей качества, проведенный по методу Пирсона, для дальнейшего внедрения на предприятии, чтоб повысить его результативность.

***Ключевые слова:** управление процессами, система экологического менеджмента, метод Пирсона, корреляционный анализ показателей качества.*

**STATIC PROCESS CONTROL: APPLIED ASPECTS
IN CONDITIONS PJSC SLAVNEFT-YANOS**

A.S. Semenova, S.A. Tsareva

Scientific Supervisor – **S.A. Tsareva**, Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article discusses the static process management in the environmental management system at the petrochemical industry enterprise and the correlation analysis of quality indicators carried out by the Pearson method for further implementation at the enterprise in order to increase its effectiveness.

***Keywords:** process management, environmental management system, Pearson method, correlation analysis of quality indicators.*

В современном мире, управление процессами играет огромную роль в различных отраслях, включая экологический менеджмент. Статическое управление процессом в системе экологического менеджмента - это процесс планирования, организации, координации и контроля дея-

тельности предприятий, направленной на соблюдение законодательства о защите окружающей среды.

Цель статистического управления процессами — улучшение процесса, а это требует, как понимания самого процесса, так и знания способа использования инструментов и методов статического управления процессами для непрерывного совершенствования системы [1].

Актуальность представленной статьи обусловлена тем, что в деятельности нефтеперерабатывающих предприятий повышение результативности и эффективности технологических процессов, возможно, обеспечить в условиях внедрения статистического управления процессами и корреляционного анализа показателей качества.

ПАО «Славнефть-ЯНОС» – это ведущее нефтеперерабатывающее предприятие, в центральном федеральном округе РФ, которое производит различные нефтепродукты.

Постоянная работа по модернизации и реконструкции производства ПАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС» позволила достичь высоких успехов в обеспечении качества, выпускаемой продукции. Значительное внимание предприятия уделяется мероприятиям по адаптации статического управления процессами, в том числе методом многомерного статистического управления качеством и корреляционному анализу показателю качества выпускаемой продукции. Компания специализируется на производстве пластмасс, топлив, масел, парафиновой продукции и других нефтехимических продуктов. В условия отмеченного предприятия достаточно слаженно проводится работа по автоматизированному контролю качества продукции, на рис. 1 показана система учета и отслеживания показателей качества на данный период на примере моторного масла.

Основными этапами статистического управления технологическими процессами являются:

- создание экспертной комиссии;
- выбор процесса и его декомпозиция;
- определение показателей качества процесса;
- сбор и первичная обработка данных о показателях качества;
- корреляционный анализ данных о показателях качества;
- принятие корректирующих действий по управлению процессом за счет изменения значений ключевых показателей качества.

Статистическое управление процессами на рассматриваемом предприятии нормативно обеспечивается как национальными, так и аутентичными международными стандартами. Один из приоритетных стандартов рассматривает статистические методы в контексте оценки пригодности и воспроизводимости процесса на основе модели его изменения во времени [2].

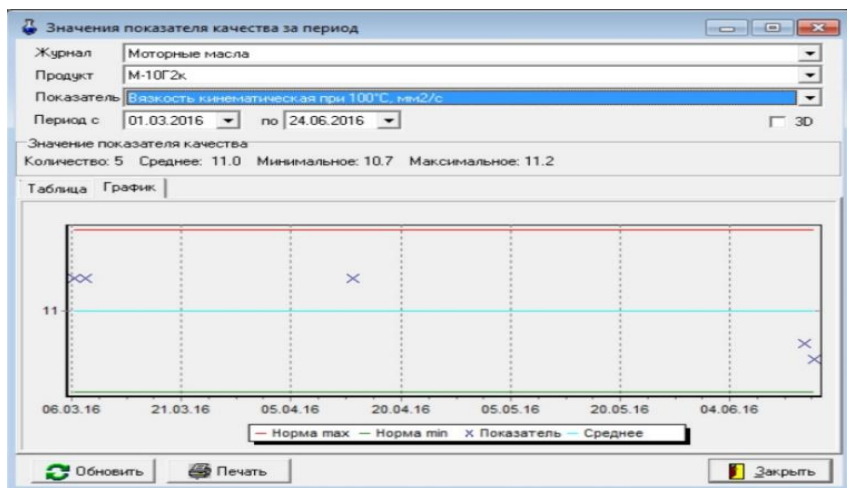


Рис. 1. Система учета и отслеживания показателей качества моторного масла

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 22514-2-2015 результатом оценки стабильности должна быть определена одна из следующих моделей распределения, зависящих от времени:

- модель А (параметры положения и изменчивости процесса являются постоянными; в этом случае все средние и дисперсии мгновенных распределений равны друг другу и параметрам результирующего распределения);
- модель В (параметр изменчивости процесса изменяется во времени, а параметр положения процесса остается постоянным);
- модель С (параметр изменчивости процесса является постоянным, а параметр положения изменяется во времени);
- модель D (параметры положения и изменчивости процесса изменяются во времени).

Таблица 1. Корреляционный анализ показателей качества x и y (метод Пирсона) [4]

Показатели качества x	Показатель качества y	d_x	d_y	$d_x * d_y$	d_x^2	d_y^2
x_1	y_1					
x_2	y_2					
$M_x = \sum \frac{x}{n}$	$M_y = \sum \frac{y}{n}$			Σ	Σ	Σ

В связи с тем, что показатели качества оцениваем продукцией, выраженной в количественной форме, то для проведения корреляционного анализа был выбран метод Пирсона [3].

Таким образом, после оценки коэффициента корреляции выполняется отбор тех показателей качества, которые имеют наибольшее значение, при этом остальные показатели качества исключаются, ввиду своего незначительного влияния. Если значения коэффициентов парной корреляции по абсолютной величине достаточно велики (в данном случае больше 0,7), то в состав ключевых показателей качества включают тот, у которого коэффициент парной корреляции больше, а также которым соответствует знак «+».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уилер, Дональд. Статистическое управление процессами: Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта / Дональд Уилер, Дэвид Чамберс; Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. 409 с.
2. ГОСТ Р ИСО 22514-2-2015 Статистические методы. Управление процессами. Часть 2. Оценка пригодности и воспроизводимости процесса на основе модели его изменения во времени. М.: Стандартиформ, 2015. 28 с.
3. Романов, В.Н. Квалиметрия: учеб. пособие / В.Н. Романов [и др.] ; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2017. 135 с.
4. Астратова, Г.В. Квалиметрия: методы количественного оценивания качества различных объектов (курс лекций и практических занятий): учеб. пособие. Направление подготовки 222000.68 Инноватика, 221400.62 Управление качеством / под общ. и науч. ред. д.э.н., профессора Г.В. Астратовой ; ГОУ ВПО ХМАО – Югры «Сургут. гос. пед. ун-т». Сургут: РИО СурГПУ, 2014. 160 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ИОТ

А.М. Сироткина, А.С. Ермишин

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, канд. с.-х. наук,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассматриваются теоретические вопросы при разработке и внедрении новых методических подходов к оценке качества индивидуальных образовательных траекторий, принципы, формирующие разработку и внедрение, факторы, влияющие на их качество.

Ключевые слова: методические подходы, образовательные программы, индивидуальные образовательные траектории, качество ИОТ, университет

THEORETICAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF NEW METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE QUALITY OF INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORIES

A.M. Sirotkina, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Candidate of Agricultural
Sciences, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

Theoretical issues are considered in the development and implementation of new methodological approaches to assessing the quality of individual educational trajectories, the principles that form the development and implementation, factors affecting their quality.

Keywords: methodological approaches, educational programs, individual educational trajectories, quality of individual educational trajectories, university

В системе высшего образования России актуализируется проблема индивидуализации процесса обучения. Она предполагает предоставление

студентам академических свобод, а также выстраивание каждым из них индивидуальной образовательной траектории (ИОТ).

Академические свободы студентов – это права обучающихся на выбор уровня, типа, сроков, методов своего обучения, а также возможность участвовать в формировании содержания собственного образования.

Обеспечил возможность выстраивать в вузах гибкие образовательные траектории принятый в мае 2020 года Федеральный закон №144-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» [1], разрешающий разрабатывать федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) на УГСН.

Это позволяет сформировать единое образовательное ядро подготовки первых лет обучения в каждой конкретной УГСН, и у студента появляется гораздо больше возможностей выбирать различные образовательные траектории в своей группе.

Согласно Федеральному закону об образовании в редакции Федерального закона № 144-ФЗ, образовательные программы могут включать в себя компетенции, отнесенные не только к одной специальности или направлению подготовки.

Образовательная программа высшего образования может предусматривать возможность одновременного получения обучающимися нескольких квалификаций.

Академические свободы студентов юридически закреплены в статье 34 «Основные права обучающихся и меры их социальной поддержки и стимулирования» Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [2].

Логическая структура проектирования индивидуального образовательного маршрута включает в себя следующие этапы:

- постановка образовательной цели (индивидуальный выбор цели предпрофильной подготовки);
- самоанализ, рефлексия (осознание и соотнесение индивидуальных потребностей с внешними требованиями (например, требованиям профиля);
- выбор пути (вариантов) реализации поставленной цели;
- конкретизация цели (выбор курсов);
- оформление маршрутного листа.

Принцип гуманизации предполагает осуществление личностно-ориентированного подхода, направленного на общее развитие личности студента, его социализацию, максимальную интеграцию в современную жизнь [3].

Принцип индивидуального подхода предполагает необходимость определения индивидуальной цели обучения, отбора содержания, выбора форм и методов обучения для студента с учетом его профессиональных и образовательных потребностей.

Принцип системности обеспечивает единство образования, диагностики запросов студента, т.е. системный подход к анализу особенностей его запросов, а также всесторонний многоуровневый подход к решению проблем студента.

Принцип интегрированного подхода предполагает интеграцию обучения и запросов студента путем включения в рабочую учебную программу элективов, ориентированных на первичные запросы студента. Содержание работы зависит от количества и видов запросов.

Принцип непрерывности гарантирует студенту непрерывность тьюторской помощи до окончания обучения в ВУЗе.

Принцип комплексного взаимодействия всех участников образовательного процесса в ходе реализации ИОТ студента предполагает постоянное сотрудничество педагогов, тьютора, администрации ВУЗа, и других специалистов для наиболее успешной реализации цели обучения студента по индивидуальной образовательной траектории.

Принцип приоритета самостоятельных форм образовательной деятельности студента предполагает максимальную активность и самостоятельность студента в ходе обучения.

Качество индивидуальных образовательных траекторий в наибольшей степени зависит от характеристик профессорско-преподавательского состава и методического и технического обеспечения образовательного процесса. Эти характеристики объединяются понятием критериев качества образования.

На качество оказывают влияние следующие факторы:

– личностно – психологические;

Связаны с вопросами компетентности, мотивации, работоспособности тех педагогов, специалистов, которые разрабатывают, внедряют образовательные программы, работают по ним в рамках многолетнего образовательного процесса.

– инфраструктурные;

Их влияние на качество индивидуальных образовательных программ особенно существенно на этапе их реализации. Отсутствие (ограниченность) материалов, пособий, оборудования, площадей и т.п. может существенно сказываться на процессуальных и, соответственно, результирующих составляющих качества индивидуальных образовательных программ. В связи с этим имеется необходимость приведения наличных материально - финансовых условий в соответствие с показателями проектного качества индивидуальной образовательной программы [4].

– организационно-управленческие.

Действие этих условий активно проявляется на этапах реализации индивидуальных образовательных программ, их совершенствования. Недостатки в планировании, контроле, при осуществлении других управленческих функций, равно как и отсутствие должной координации в работе всех педагогов, специалистов обеспечивающих служб ведет к снижению уровня качества и отдачи от реализации индивидуальных образовательных программ.

Таким образом, хочется подвести итоги, что внедрение индивидуальных образовательных траекторий — очень важный элемент для повышения эффективности высшего образования.

Как правило, для реализации ИОТ вузы делят программу обучения на несколько блоков, часть из которых обязательные, а часть – выбираются студентами. Такой подход давно применяется в зарубежных университетах, а последнее время его начинают внедрять и ведущие российские вузы.

Изменения в образовательном процессе вызваны необходимостью гибкой подготовки кадров для региональной промышленности и предпринимательской сферы. Получение комбинированных компетенций, когда обучающийся может изучать дисциплины, преподаваемые на других курсах или специальностях, отвечает и потребностям самих студентов, которые формируют комплексные наборы профессиональных знаний и навыков.

Гипотеза «Можно предположить, что, трансформировав образовательные программы, путём введения ИОТ, можно повысить качество образования и конкурентоспособности выпускника».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон об образовании в редакции Федерального закона № 144-ФЗ. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400709597/>.
2. ФЗ от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в РФ». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/.
3. Гуманизм в личностно-ориентированном образовании. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gumanizm-v-lichnostno-orientirovannom-obrazovanii>.
4. Индивидуализация образовательного процесса как условие повышение качества образовательных услуг. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/individualizatsiya-obrazovatelno-go-protse-sa-kak-uslovie-povysheniya-kachestva-obrazovatelnyh-uslug>.

НУЖНА ЛИ СЕРТИФИКАЦИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ?

**Н.С. Смирнова, А.В. Завгородняя, Д.С. Чистяков,
Е.М. Шастина**

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматриваются вопросы подтверждения соответствия ювелирных изделий, проводится анализ необходимости проведения процедуры подтверждения их соответствия.

Ключевые слова: подтверждение соответствия, сертификация, ювелирные изделия

IS JEWELRY CERTIFICATION NEEDED?

**N.S. Smirnova, A.V. Zavgorodnyaya, D.S. Chistyakov,
E.M. Shastina**

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article deals with the issues of confirming the conformity of jewelry, analyzes the need for a procedure for confirming their conformity.

Key words: confirmation of conformity, certification, jewelry

Ювелирные изделия – это металлы и их сплавы, ювелирные камни, декоративные металлы и украшения. Основными драгоценными металлами являются золото, серебро и платина. Драгоценные металлы широко используются в ювелирных изделиях, поскольку они красивы внешне, устойчивы к химическим веществам и атмосферным воздействиям. Как правило, чистые драгоценные металлы не используются в производстве ювелирных изделий, так как не обладают достаточной твердостью и износостойкостью. Используются сплавы с различным содержанием драгоценных металлов, содержание которых выражается в анализируемой величине. В нашей стране используется метрическая система, в которой указывается содержание драгоценных металлов в 1000 частей сплава [1].

Ювелирные изделия изготавливаются из драгоценных металлов и их сплавов и подвергаются различной художественной обработке. Производство ювелирных изделий предполагает широкое использование металлов и их сплавов, а также других металлов и их сплавов, в частности, органического происхождения. Эти материалы использовались в ювелирных изделиях задолго до появления металлов и их сплавов. К драгоценным металлам относятся золото, серебро и металлы платиновой группы. В Японии на изделия из этих металлов наносится национальное пробирное клеймо, которое ставится на ювелирные изделия. Пробирное клеймо на ювелирных изделиях указывает на количество золота или других драгоценных металлов, содержащихся в сплаве [2].

Основные классификации ювелирных изделий связаны с их материалом. К ним относятся золото, серебро, платина, драгоценные и полудрагоценные камни и товары из нейзильбера.

В зависимости от функционального назначения ювелирные изделия можно разделить следующим образом:

1. Предметы для личного использования (камни, браслеты, цепочки).
2. Столовые приборы из драгоценных металлов.
3. Декоративные табачные изделия.
4. Сувениры и подарки.

Ювелирные изделия также можно классифицировать по методам изготовления. К ним относятся штамповка, филигрань, монтировка и другие методы, литье и формирование металлов, резни камней.

Основной потребительской характеристикой ювелирных изделий являются их эстетические качества. Некоторые ювелирные изделия (например, столовые приборы) имеют определенное утилитарное назначение. Однако это не является основным критерием покупки, главным критерием является красота изделия. Считается, что срок службы ювелирных изделий из драгоценных металлов составляет десятилетия и даже столетия [2].

Ювелирные изделия не подлежат обязательной сертификации, поскольку они не упоминаются ни в технических регламентах Евразийского экономического союза, ни в национальных технических регламентах. Однако, существуют ГОСТы, устанавливающие стандарты качества для ювелирных изделий:

- ГОСТ 30649-99 «Сплавы на основе благородных металлов ювелирные. Марки» регламентирует производство изделий из серебра, золота и других драгоценных металлов, и их сплавов [3].
- ГОСТ Р 52599-2006 «Драгоценные металлы и их сплавы. Общие требования к методам анализа» устанавливает требования к методам анализа металлов и их сплавов [4].

- ГОСТ Р 53196-2008 «Ювелирные изделия. Покрытия сплавами на основе золота» описывает соответствующие свойства ювелирных изделий, изготовленных с покрытиями из золотых сплавов [5].
- ГОСТ Р 53197-2008 «Ювелирные изделия. Пробы сплавов на основе драгоценных металлов» содержит стандарты на пробы сплавов, используемых при изготовлении ювелирных изделий из драгоценных металлов [6].

Для проведения подтверждения соответствия ювелирных изделий применяется добровольная сертификация. Цель добровольной сертификации – гарантировать, что конкретный продукт безопасен для покупателей и соответствует стандартам качества. Ювелирные изделия не представляют потенциальной опасности для жизни и здоровья человека, животных и сохранения растений. Поэтому в системе технического регулирования нет правил или решений об обязательной оценке соответствия ювелирных изделий. Для легального производства, поставки и продажи ювелирных изделий организациям могут понадобиться:

1. Информационное (отказное письмо) – подтверждение того, что товар не входит в перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации.

2. Добровольный сертификат качества в системе ГОСТ Р;

3. Экспертное заключение о соответствии санитарно-гигиеническим нормам (такая документация может быть важна для потребителей, так как драгоценные металлы находятся в непосредственном контакте с кожей)

4. Экспертиза и акты проверки (могут быть запрошены геммологические, пробирные и другие исследования).

Решение о необходимости получения одного или нескольких из этих документов принимает производитель. Однако закон не предусматривает штрафов за отсутствие этих документов [7].

Без добровольного сертификата качества ГОСТ Р и другой документации на ювелирные изделия практически невозможно добиться успеха на рынке. Существует широкий ассортимент изделий из драгоценных металлов и камней по разным ценам от крупных до мелких производителей. Официальная документация – единственный способ опередить конкурентов. Она может привлечь внимание потребителей и деловых партнеров, особенно при выводе на рынок новой продукции. Наличие сертификата может упоминаться в рекламных и маркетинговых мероприятиях.

Поэтому применяя добровольную сертификацию, организация повышает конкурентоспособность и свою репутацию в целом, что актуально и для производства и продажи ювелирных изделий [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Карпов, В.М.* Законодательство в области ювелирного производства в вопросах и ответах: учеб. пособие / В.М. Карпов. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 88 с.
4. *Плешев, А.М.* Классификация и ассортимент ювелирных изделий. Кооперативная торговля ювелирных изделий. М., 2015. 454 с.
3. ГОСТ 30649-99 Сплавы на основе благородных металлов ювелирные. Марки. Введ. 2000-07-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 81 с.
4. ГОСТ Р 52599-2006 Драгоценные металлы и их сплавы. Общие требования к методам анализа. Введ. 2008-01-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2007. 8 с.
5. ГОСТ Р 53196-2008 (ИСО 10713:1992) Ювелирные изделия. Покрытия сплавами на основе золота. Введ. 2010-01-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2009. 4 с.
6. ГОСТ Р 53197-2008 (ИСО 9202:1991) Ювелирные изделия. Пробы сплавов на основе драгоценных металлов. Введ. 2010-01-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2009. 4 с.
7. *Замедлина, Е.А.* Товароведение и экспертиза товаров: учебное пособие для сред. спец. учеб. заведений / Е.А. Замедлина. М.: РИОР, 2015. 156 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**М.В. Социховский, А.Е. Соколов, А.В. Цибизов,
Н.Г. Макаренко**

Научный руководитель – **Н.Г. Макаренко**, канд. техн. наук

Военный инновационный технополис «ЭРА»

Проведено исследование литий-полимерных аккумуляторных батарей, применяемых на беспилотных летательных аппаратах. Выполнено тестирование аккумуляторных батарей с помощью стенда, предназначенного для оценки отдаваемой емкости источников питания.

***Ключевые слова:** аккумуляторная батарея, беспилотный летательный аппарат, электрическая емкость.*

RESEARCH OF MODERN LITHIUM-POLYMER BATTERIES FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES

**M.V. Sotsikhovskhiy, A.E. Sokolov, A.V. Tsybizov,
N.G. Makarenko**

Scientific Supervisor – **N.G. Makarenko**, Candidate of Technical Sciences

Military Innovative Technopolis «ERA»

A study was made of lithium-polymer batteries used in unmanned aerial vehicles. Batteries were tested using a stand designed to evaluate the output capacity of power sources.

***Keywords:** accumulator battery, unmanned aerial vehicle, electrical capacitance.*

Современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) требуют высокой надежности автономных источников электрической энергии. В качестве источников энергии на БПЛА сегодня актуально применение аккумуляторных батарей. В настоящее время для обеспечения работы

БПЛА широко используются литий-полимерные источники питания. Применение литий-полимерных аккумуляторных батарей обусловлено высоким показателем удельной энергоемкости (~ 200 Вт·ч/кг), что позволяет обеспечить лучшее отношение емкости к массогабаритным показателям батареи [1].

Существует вероятность столкнуться с низким качеством продукции от производителей аккумуляторных батарей. Основным параметром, подлежащим проверке, является фактическая емкость аккумуляторной батареи [2]. Электрическая емкость имеет свойство уменьшаться в течение жизненного цикла источника питания.

В работе проводится определение отдаваемой емкости аккумуляторных батарей для выявления некачественной продукции и своевременной замены источников питания на БПЛА. Для определения отдаваемой емкости аккумуляторной батареи необходимо:

1. Разработать методику тестирования аккумуляторных батарей согласно техническим условиям производителя и в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61960-3-2019 «Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие неокислотные электролиты. Литиевые аккумуляторы и батареи для портативных применений. Часть 3. Призматические и цилиндрические литиевые аккумуляторы и батареи» [3].

2. Подобрать технические устройства для определения отдаваемой емкости аккумуляторной батареи.

Аккумуляторные батареи тестируются с помощью следующих устройств:

- А) Зарядное устройство *SkyRC T400Q*, внешний вид которого изображен на рисунках 1 и 2. Данное зарядное устройство позволяет одновременно заряжать четыре батареи разного типа (Li-Pol/Li-Fe/Li-Ion/Li-NV/Ni-MH/Ni-Cd/Pb). Зарядное устройство имеет мощность 100 Вт на каждый порт, а общая выходная мощность составляет 400 Вт. Во время зарядки *SkyRC T400Q* может контролировать и балансировать каждую ячейку батареи индивидуально, что обеспечивает равномерный заряд всех ячеек аккумуляторной батареи. Во время процесса заряда батареи отслеживаются следующие параметры: ток заряда; напряжение заряда; общее напряжение аккумуляторной батареи; напряжение на каждой отдельной ячейке; внутреннее сопротивление батареи; внутреннее сопротивление каждого элемента; время зарядки.

- Б) Электронная нагрузка *АКИП-1380/1*, внешний вид которой представлен на рисунке 2. Электронная нагрузка обеспечивает тестирование в различных статических и динамических режимах работы (контроль напряжения, тока, имитация нагрузочного сопротивления и пр.).



Рис. 1. Внешний вид зарядного устройства T400Q

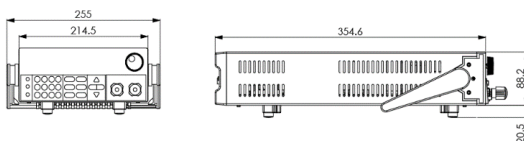


Рис. 2. Электронная нагрузка АКИП-1380/1

АКИП-1380/1 имеет 4 режима работы: режим стабилизации по току; по напряжению; по сопротивлению; по мощности.

Методика испытаний для определения отдаваемой емкости аккумуляторных батарей:

1. Необходимо зарядить аккумуляторную батарею при температуре окружающей среды $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ с использованием метода, указанного изготовителем. Например, для тестируемой литий-полимерной батареи фирмы-изготовителя «GAONENG» указан рекомендуемый диапазон тока заряда от 1С до 2С. Заряд проводился током, равным 1С. Емкость аккумуляторной батареи составляет $6800 \text{ мА} \cdot \text{ч}$, ток заряда 1С равен: $1 \cdot 6800 = 6800 \text{ мА} = 6,8 \text{ А}$. Применительно к литий-полимерным аккумуляторным батареям заряд должен производиться до значения конечного напряжения 4,2 В на каждую ячейку. Тестируемая аккумуляторная батарея содержит 4 ячейки, то есть заряд необходимо осуществлять до напряжения 16,8 В.

2. Аккумуляторная батарея должна быть выдержана при температуре окружающей среды $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение не менее 1 ч и не более 4 ч.

3. Аккумуляторная батарея должна быть разряжена при температуре окружающей среды $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ постоянным током $0,2I_5$, пока ее напряжение не станет равным указанному конечному напряжению. Для тестируемой аккумуляторной батареи конечное напряжение разряда составляет 3 В на ячейку, то есть 15 В для батареи. Токи заряда и разряда для испытаний должны базироваться на значении нормированной емкости C_5 . C_5 – нормированная емкость, то есть заявленное изготовителем количество электричества, которое одиночный элемент может отдать в

течение 5 ч при заряде, хранении и разряде. Эти токи выражают как кратные базовому току I_t , А, где $I_t = C_5$, А·ч/1 ч.

4. Емкость, отданная на этапе 3, должна составлять не менее 100% нормированной емкости, указанной изготовителем.

Проведено определение электрической емкости аккумуляторных батарей нескольких производителей, результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты исследований аккумуляторных батарей

АКБ с заявленной емкостью, мА·ч	Ток разряда, А	Емкость, мА·ч		
		Изм.1	Изм.2	Изм.3
5000 («Бумеранг-1»)	1,0	5000		
5000 («Дозор»)	1,0	5000		
6500 («Wattex») № 1	1,3	5908	5821	5805
6500 («Wattex») № 2		5973	5870	5758
6800 («Gaoneng») № 1	1,36	6800		
6800 («Gaoneng») № 2		5100		

В работе проводилось исследование литий-полимерных аккумуляторных батарей, применяемых на современных беспилотных летательных аппаратах. Проведено несколько тестов источников питания с помощью стенда, состоящего из зарядного устройства *SkyRC T400Q* и электронной нагрузки *АКИП-1380/1*. По результатам исследований, представленных в таблице 1, можно сделать вывод, что требуемым параметрам для применения на БПЛА соответствует аккумуляторная батарея производителя «Gaoneng» с заявленной емкостью 6800 мА·ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кебеков, Т.В. Литиевые вторичные химические источники тока, анализ и сравнение литий-ионных аккумуляторов и литий-полимерных аккумуляторов / Т.В. Кебеков, М.Д. Гобозов // Научное обозрение. 2021. С. 80-83.
2. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования / Под ред. Ф.Л. Когана. М.: ЗАО «Энергосервис», 2001. 496 с.
3. ГОСТ Р МЭК 61960-3-2019. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие неокислотные электролиты. Литиевые аккумуляторы и батареи для портативных применений. Часть 3. Призматические и цилиндрические литиевые аккумуляторы и батареи. М.: Стандартинформ, 2019. 16 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В ДОКЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

А.М. Фомина, А.С. Ермишин

Научный руководитель – **А.С. Ермишин**, канд. с.-х. наук,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Вопрос об обеспечении контроля качества касающийся фармацевтической разработки является актуальным на сегодняшний момент, так как с каждым годом фармацевтический рынок развивается, что приводит к повышению конкуренции и количеству новых препаратов на рынке, в следствии чего к препаратам начинают предъявлять более высокие требования контроля качества, что позволяет вывести на рынок безопасный, эффективный продукт. В работе рассмотрены методические подходы, касающиеся обеспечения качества фармацевтических препаратов в доклинических исследованиях на предприятии.

***Ключевые слова:** фармацевтический рынок, лекарственные средства, оценка качества и безопасности, методические подходы, процессный подход, качество на этапе разработки*

DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE QUALITY OF PHARMACEUTICALS IN PRECLINICAL STUDIES

A.M. Fomina, A.S. Ermishin

Scientific Supervisor – **A.S. Ermishin**, Candidate of Agricultural
Sciences, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The issue of ensuring quality control concerning pharmaceutical development is relevant at the moment, since every year the pharmaceutical market is developing, which leads to increased competition and the number of new drugs on the market, as a result of which higher quality control requirements are being imposed on drugs, which allows bringing a safe, effective product to the market. The paper considers methodo-

logical approaches related to quality assurance of pharmaceutical preparations in preclinical research at the enterprise.

Keywords: *pharmaceutical market, medicines, quality and safety assessment, methodological approaches, process approach, quality at the development stage*

Одним из важнейших условий безопасного и эффективного применения препаратов является их высокое качество. Разработка методических подходов к оценке качества фармацевтических препаратов позволяет снизить риски ненадлежащего качества, потери, связанные с бракованной продукцией; обеспечивает более экономное использование ресурсов в ходе разработки, производстве и контроле качества препаратов.

Для предприятий фармацевтической отрасли наиболее характерно создание интегрированной системы менеджмента, отвечающей требованиям стандартов ISO серии 9000 и правилам GMP [1].

Построение интегрированной системы управления, основывается на принципах, установленных в международных стандартах управления. В то же время в качестве основных требованиях могут быть приняты принципы управления качеством, такие как:

- «PDCA» – процессный подход,
- системный подход,
- управлениями рисками.

Из числа приведенных интеграционных подходов процессный подход является универсальным.

Система менеджмента качества модели ISO 9000 базируется на принципах Всеобщего управления качеством. Стандарты ISO серии 9000, описывающие модель системы менеджмента качества, разработаны для того, чтобы помочь организациям стабильно предоставлять клиентам и другим заинтересованным сторонам продукцию или услуги, способные удовлетворять их требования и ожидания (рис. 1) [2].

Цикл PDCA (англ. Plan-Do-Check-Act, планирование – действие – проверка – корректировка) – это циклически повторяющийся процесс принятия решения, используемый в управлении качеством.

Методология PDCA представляет собой простейший алгоритм действий руководителя по управлению процессом и достижению его целей. Цикл управления состоит из следующих компонентов.

1) Планирование: установление целей и процессов, необходимых для достижения целей, планирование работ по достижению целей процесса и удовлетворению потребителя, планирование выделения и распределения необходимых ресурсов.

2) Выполнение: выполнение запланированных работ.

3) Проверка: сбор информации и контроль результата на основе ключевых показателей эффективности (KPI), полученных в ходе выпол-

нения процесса, выявление и анализ отклонений, установление причин отклонений.

4) Воздействие (управление, корректировка): принятие мер по устранению причин отклонений от запланированного результата, изменения в планировании и распределении ресурсов.



Рис. 1. Модель системы менеджмента качества, основанной на процессном подходе [2]

В практической деятельности цикл PDCA применяется многократно с различной периодичностью.

Наиболее современным подходом к обеспечению качества фармацевтических продуктов является – Quality by Design (QbD), то есть «качество на этапе разработки», или «проектирование качества» (рис. 2) [3]. Как видно из рисунка, ключевые черты QbD – характеристики процесса и продукта и постоянное совершенствование их качества по мере получения новых данных в ходе разработки и после выхода продукта на рынок. В рамках этой модели для продукта создается целевой профиль его качества (quality target product profile, QTPP), который включает в себя описание целевого показателя, популяции пациентов, способа введения, методов производства и прочих аспектов, влияющих на качество.

Исходя из QTPP, каждому параметру процесса и показателю продукта приписывается уровень риска влияния на качество. Параметры с высоким риском становятся критическими (critical quality attributes, CQA). Многомерная комбинация и взаимосвязь входящих переменных (например, свойств материалов) и параметров процесса, которая должна демонстрировать подтверждение качества, называется проектируемым

полем (design space). На основе проектируемого поля определяют стратегию контроля качества препарата и внедряют систему постоянного совершенствования качества. Стратегия контроля качества служит для того, чтобы минимизировать риски ненадлежащего качества, снизить влияние вариабельности характеристик исходных материалов и параметров производства на качество и в конечном итоге добиться для продукта соответствия своему целевому профилю.



Рис. 2. Ключевые черты Quality by Design

Принятие подхода QbD обеспечивает постоянное производство препарата с предсказуемым и predetermined качеством при уменьшении рисков для качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цыганова, Л.В. Комбинированный аудит интегрированной системы менеджмента фармацевтического предприятия / Л.В. Цыганова, О.И. Тихомирова, В.А. Дриняев // Практикум по GMP, 2006. С. 51-54.
2. Краснокутская, Е.А. Системный подход к обеспечению качества лекарственных средств: учебное пособие / Е.А. Краснокутская, Н.П. Пикуча, Ю.А. Лесина, В.П. Трухин. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2022. С. 19-23.
3. Контроль качества биотехнологических продуктов. URL: <https://biomolecula.ru/articles/kontrol-kachestva-biotekhnologicheskikh-produktov?ysclid=lc5y9l3e9w374575025>.

ДИАГРАММА ИСИКАВЫ, КАК СПОСОБ ПОИСКА ПРИЧИН СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОБЛЕМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ»)

К.Н. Фуникова, Я.Э. Ипатова, Е.М. Шастина

Научный руководитель – **Е.М. Шастина**, старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается Ярославский моторный завод (ПАО «Автодизель») и осуществляется поиск причин потенциальной проблемы, с которой может столкнуться предприятие. Для поиска причин используется один из «семи инструментов контроля качества» – диаграмма Исикавы. В работе рассмотрен пример применения данной диаграммы для поиска причин проблемы, связанной с низкой конкурентоспособностью продукции ПАО «Автодизель». В завершении рассчитан коэффициент конкордации, позволяющий сделать вывод о согласованности мнений экспертов.

Ключевые слова: ПАО «Автодизель», диаграмма Исикавы, проблемы, конкурентоспособность продукции, некачественная продукция, инструмент контроля качества

ISHIKAWA DIAGRAM AS A WAY TO FIND THE CAUSES OF EXISTING PROBLEMS IN ENTERPRISES (USING THE EXAMPLE OF PJSC «AVTODIESEL»)

K.N. Funikova, Y.E. Ipatova E.M. Shastina

Scientific Supervisor – **E.M. Shastina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The article examines the Yaroslavl Motor Plant (PJSC «Avtodiesel») and searches for the causes of a potential problem that the company may face. To find the reasons, one of the "seven quality control tools" Ishikawa diagram is used. The paper considers an example of using this diagram to find the causes of the problem associated with the low competitiveness of the products of PJSC «Avtodiesel». At the end, the concordance coefficient is calculated, which allows us to conclude that the opinions of experts are consistent.

Keywords: PJSC «Avtodiesel», Ishikawa diagram, problems, product competitiveness, low-quality products, quality control tool

На сегодняшний день Ярославский моторный завод (ПАО «Автодизель», ЯМЗ) — это крупнейшее российское предприятие, специализирующееся на производстве дизельных двигателей многоцелевого назначения, сцеплений, коробок передач, запасных частей к ним, а также стационарных агрегатов на базе дизелей ЯМЗ, реализующихся на четырех производственных площадках.

Двигателями моторного завода оснащаются более 300 моделей транспортных средств России и Белоруссии, а именно грузовые автомобили, магистральные автопоезда, карьерные самосвалы, автобусы, тракторы и зерноуборочные комбайны, строительно-дорожная техника, а также дизель-электрические станции.

Говоря о качестве продукции, наиболее крупный проект завода – производство среднерядных четырех- и шестицилиндровых дизельных двигателей семейства ЯМЗ-530 мощностью от 120 до 320 л.с., которые соответствуют стандартам «Евро-4», «Евро-5», с потенциалом обеспечения «Евро-6» [1].

Усовершенствованная сервисная сеть предприятия, позволяет проводить оперативное и эффективное сопровождение изделий ЯМЗ, на всех этапах их эксплуатации: от оперативного обслуживания в гарантийный период до целевого капитального ремонта двигателей.

Однако, несмотря на высокий потенциал завода, существует ряд проблем, требующих рассмотрения в целях дальнейшего роста продаж и повышения качества выпускаемой продукции.

Одной из основных проблем можно выделить необходимость выпуска конкурентоспособной продукции, ничем не уступающей зарубежным аналогам, так как моторы ЯМЗ в широком ассортименте стали чуть ли не единственной их альтернативой. На Ярославском моторном заводе сегодня выпускают целый ряд комплектующих, поставляемых на многие российские предприятия, которые занимаются производством грузовых транспортных средств и спецтехники.

Вторая проблема заключается в нехватке молодых специалистов. На данном этапе развития промышленности происходит все большая автоматизация процессов, следовательно, предприятию необходимы высококвалифицированные сотрудники, способные успевать за развитием технологий.

Третья проблема связана с возможными неисправностями двигателей и другой производимой продукции.

Четвертая проблема заключается в нехватке нового современного оборудования, методов и технологий производства.

Для того чтобы выявить причины появления некачественной продукции, являющейся одной из перечисленных проблем, и предотвратить их, удобно прибегнуть к одному из «семи инструментов контроля качества» – диаграмме Исикавы (рис. 1), также известной под названиями «диаграмма анализа корневых причин», «причинно-следственная диаграмма» и «диаграмма рыбьей кости».

Целью применения диаграммы Исикавы является определение корневой причины обнаруженной проблемы. В результате данного анализа проводится разработка действий, направленных на исключение выявленных корневых причин или минимизации вероятности их образования [2].



Рис. 1. Диаграмма Исикавы «Некачественная продукция»

В ходе построения диаграммы был рассмотрен проблема возникновения некачественной продукции на ПАО «Автодизель». Наиболее важными факторами, влияющими на нее, являются: проблемы, связанные с организацией и условиями труда, материалами, персоналом и оборудованием/инструментами. С помощью метода «мозгового штурма» они были разбиты на более точные причины, отраженные на диаграмме Исикавы. Также на диаграмме выделены наиболее значимые причины из анализируемых групп факторов.

В дальнейшем был рассчитан коэффициент конкордации ($W = 0,79$), позволяющий сделать вывод, что мнения экспертов согласованы при определении важности предотвращения данной проблемы. По ре-

результатам анализа наиболее важной причиной выделена нехватка персонала вот эту причины выделите особо на диаграмме. Для её устранения можно использовать следующие методы решения: наём работников на неполный рабочий день, поиск временных или дополнительных специалистов, повышение производительности и привлечение выпускников вузов, не имеющих опыта по данной специальности. Их применение позволит повысить рост продаж и конкурентоспособность продукции предприятия в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярославский моторный завод. URL: <https://www.ymzmotor.ru/about/>.
2. Доклад на тему диаграмма Исикавы. URL: <https://obrazovanie-gid.ru/doklady/doklad-na-temu-diagramma-isikavy.html>.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ. ЦИКЛ ШУХАРТА-ДЕМИНГА (PDCA) И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ НА ПАО «ОДК-САТУРН»

А.Ю. Яковлева, И.В. Кустова

Научный руководитель – **И.В. Кустова**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический
университет имени П.А. Соловьева

В статье рассматривается системный подход к управлению качеством организации. Применение цикла непрерывных улучшений Шухарта-Деминга, как одного из методов повышения эффективной деятельности системы менеджмента качества. Выделены основные преимущества этого метода.

Ключевые слова: система менеджмента качества, инструменты обеспечения, процессный подход, цикл PDCA

A SYSTEMATIC APPROACH TO QUALITY MANAGEMENT. THE SHEWHART-DEMING CYCLE (PDCA) AND ITS APPLICATION AT PJSC UEC-SATURN

A.Y. Yakovleva, I.V. Kustova

Scientific supervisor – **I.V. Kustova**, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

The article discusses a systematic approach to the quality management of the organization. Application of the Shuhart-Deming continuous improvement cycle as one of the methods of improving the effective performance of the quality management system. The main advantages of this method are highlighted.

Keywords: quality management system, assurance tools, process approach, PDCA cycle

ПАО «ОДК-Сатурн» – российская двигателестроительная компания, специализирующаяся на разработке, производстве, продажах и послепродажном обслуживании газотурбинных двигателей для авиации, флота, энергогенерирующих и газоперекачивающих установок. История

демонстрирует нам уже более 106-летний опыт успешной работы компании.

Достижение устойчивого успеха организации обеспечивается слаженной работой всего предприятия в целом. Успех достигается в том числе, за счет внедрения и поддержания в рабочем состоянии системы менеджмента качества (СМК), которая создает условия для стабильного качества выпускаемой продукции. Функционирующая СМК позволяет предприятию предоставлять продукцию и услуги, которые удовлетворяют требования потребителей и законодательных органов. Так называемые «Три кита» качества являются главными инструментами обеспечения:

- качества продукции, работ, услуг;
- безопасности продукции, работ, услуг;
- конкурентоспособности продукции на мировом рынке.

Система менеджмента качества ПАО «ОДК-Сатурн» основана на принципах ориентации на потребителя; лидерства; взаимодействия работников; процессного подхода; улучшений; принятия решений, основанных на свидетельствах; менеджмента взаимоотношений. Принципы менеджмента качества рассматриваются в совокупности друг с другом, каждый из них важен и нужен.

В менеджменте существует множество подходов к управлению, среди основных можно выделить функциональный и процессный. С конца XX века наибольшее распространение получил именно процессный подход, в соответствии с которым внимание руководства смещено с отдельных функций, выполняемых самостоятельными подразделениями и должностными лицами, на межфункциональные процессы, объединяющие отдельные функции в общие потоки и нацеленные на конечные результаты деятельности организации. При этом основное внимание уделяется не вертикальным, а именно горизонтальным связям в организационной структуре, что, безусловно, позволяет осуществлять управление на стыках деятельности подразделений [1].

Процессный подход включает в себя цикл «Планируй – Делай – Проверь – Действуй» (цикл PDCA) или Цикл Шухарта-Деминга, представляющий собой порядок циклически выполняемых действий: планирование, действие, проверка, корректировка. Организация должна постоянно использовать улучшения для обеспечения конкурентоспособности на рынке [1].

Важно отметить, что в компании ведется непрерывный мониторинг процессов, а также ежегодно выполняется анализ функционирования каждого процесса и системы в целом. По результатам анализа выявляются все слабые места системы, которые подвергаются улучшению и корректировке.

Внутренний аудит качества является одним из инструментов мониторинга СМК. Понятие внутренних аудитов появилось в 1994 году в стандартах ISO серии 9000. Первый внутренний аудит был проведен на предприятии в 1995 году. Именно тогда возникла необходимость в создании отдельного подразделения, которое бы занималось вопросами качества, лицензирования, сертификации и проверками эффективности системы менеджмента качества и ее непрерывного улучшения. Это связано с большой номенклатурой изделий, выпускаемых предприятием, а также необходимостью подтверждать выполнение установленных требований перед сертификационными органами. Внутренний аудит также называют аудитом первой стороны, так как он проводится силами самой организации. Внутренний аудит качества – это способ совершенствования деятельности с целью улучшения качества выпускаемой продукции и способ совершенствования СМК с целью повышения ее результативности.

Проведение внутреннего аудита качества преследует следующие цели:

- оценка соответствия деятельности проверяемого подразделения, требованиям, установленным в нормативных документах;
- оценка результативности внедренной СМК;
- определение готовности к сертификации;
- сбор информации, требуемой для анализа СМК высшим руководством [2].

Основными принципами аудита являются независимость, плановость и объективность. Независимость обеспечивается проведением аудита лицами, не отвечающими за проверяемую деятельность; плановость – проведением аудита в соответствии с установленными программами. Аудиторы по качеству должны быть объективными, не предвзятыми в отражении результатов аудита [2].

Основными методами проведения аудита являются опрос, экспертиза документов, анализ полученной информации и наблюдение за работой и условиями на проверяемых участках.

По несоответствиям, выявленным в результате аудита качества, подразделения разрабатывают корректирующие действия с применением статистических методов анализа, таких как причинно-следственная диаграмма или «диаграмма Исикава», «диаграмма Парето», метод «5 Почему?»

В настоящее время подразделения отчитываются о выполненных корректирующих мероприятиях в системе 1С. Данная система позволяет исключить затраты времени на повторное посещение куратора и контролирующего лица с целью закрытия мероприятий, а также имеет большое преимущество в плане аккумуляции и сохранения всех доказательных документов по выполненным мероприятиям в единой базе.

Результаты внутренних аудитов качества в обязательном порядке подлежат проверке при внешних сертификационных и надзорных аудитах организации. Надзорные органы дают высокую оценку предприятию в части способности проведения собственного объективного мониторинга функционирования СМК, выполняемого внутренним аудитом качества.

На ПАО «ОДК-Сатурн» внедрена Политика программно-проектного управления для повышения эффективности работы персонала, улучшения культуры производства, сокращения издержек, повышения качества и производительности труда, мотивации сотрудников. Возможности постоянного улучшения могут быть результатом накопленного опыта решения проблем и сравнительного анализа лучших практик. Неотъемлемой частью развития производственной системы предприятия стала автоматизированная система подачи предложений по улучшениям (АСППУ), которая действует с 2015 года. Каждый работник компании может подать предложение по улучшению. Проект по улучшениям – это деятельность, направленная на локальные преобразования в области качества, имеющая однозначную цель и определенную длительность выполнения. Организация должна отслеживать результаты деятельности по совершенствованию и оценивать их эффективность.

Главная идея Цикла Шухарта-Деминга состоит в следующем: чтобы что-то улучшить, нужно понять, что именно не так, далее исправлять несоответствия, а потом добиваться стабильности процесса, сохранять полученные изменения и снова менять только в сторону улучшений. И действительно, как видно на примере ПАО «ОДК-Сатурн», применение Цикла Шухарта-Деминга в части проведения внутренних аудитов предприятия, помогает постоянно совершенствовать рабочий процесс и качество продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кустова, И.В.* Системный анализ в управлении качеством: учебное пособие. Рыбинск: РГАТУ имени П.А. Соловьева, 2016. 108 с.
2. *Киселев, Э.В.* Принципы и методы всеобщего управления качеством: Современные принципы всеобщего качества. Рыбинск: РГАТУ имени П.А. Соловьева, 2016. 185 с.

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ АМОРТИЗАТОРА СТРАХОВОЧНОГО СТРОПА ОТ ПАДЕНИЯ С ВЫСОТЫ

Е.П. Кондратьева, А.В. Келарева, И.Н. Соколова

Научный руководитель – **Е.П. Кондратьева**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены требования безопасности, предъявляемые к страховочным стропам от падения с высоты. Проведены экспериментальные исследования конструкции амортизатора страховочного стропа путем планирования эксперимента. Предложены параметры для конструирования амортизатора страховочного стропа с целью улучшения требований безопасности.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты, стропа с амортизатором, планирование эксперимента

PLANNING AN EXPERIMENT FOR THE CONSTRUCTION OF A SHOCK ABSORBER SAFETY SLING FROM FALLING FROM A HEIGHT

E.P. Kondratyeva, A.V. Kelareva, I.N. Sokolova

Scientific Supervisor – **E.P. Kondratyeva**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The safety requirements for safety slings from falling from a height are considered. Experimental studies of the design of the shock absorber of the safety sling, by the method of experiment planning, have been carried out. The parameters for the design of a safety sling shock absorber in order to improve safety requirements are proposed.

Keywords: personal protective equipment, slings with shock absorber, experiment planning

Средства индивидуальной защиты (далее - СИЗ) от падения с высоты предназначены для обеспечения безопасности и страховки при падении [1].

Стропы с амортизатором представляют собой средства соединения между точками крепления на страховочной привязи и подходящей анкерной точкой и анкерным соединением.

В соответствии с требованиями ТР ТС 019/2011 максимальное усилие (F_{max}), передаваемое на тело человека в момент падения не должно превышать 6 кН [1, 2]. Величина нагрузки полностью зависит от конструкции амортизатора страховочного стропа. Амортизатор, находящийся в стропе, замедляет и смягчает падение, уменьшая силу остановки при падении. Поэтому возникает необходимость проведения экспериментальных исследований с целью определения наилучших параметров прошивки амортизатора.

Для определения и выбора числа экспериментов и условий их проведения, проведено планирование полного факторного эксперимента. Добиться этого можно путем выбора таких условий проведения испытания, при которых результаты статистической обработки полученных значений выходного параметра позволят сделать адекватные выводы об исследуемом процессе. В ходе планирования определены факторы влияющие на показатели безопасности, построена матрица, проведены испытания опытных образцов, проведена оценка однородности дисперсии, дана оценка адекватности модели (рис. 1).

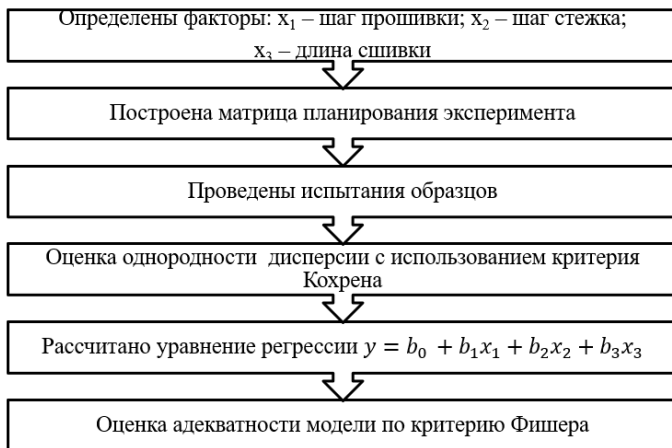


Рис. 1. Этапы планирования эксперимента для конструирования амортизатора страховочного стропа

Опытные образцы изготовлены из ленты полиамидной (ЛТК 45-2500) с различными параметрами прошивки (таблица 1).

Таблица 1. Параметры прошивки строп

Наименование параметра прошивки	Интервалы варьирования		
	-1	0	+1
Длина прошивки, мм	140	160	180
Шаг прошивки, мм	10	20	30
Шаг стежка, мм	2	3	4

Испытания проводились на испытательном стенде ИТС 8220-10 (рис. 2) [3]. Представленный стенд относится к испытательному оборудованию и предназначен для определения деформационных и прочностных характеристик различных материалов и изделий при испытаниях на растяжение, сжатие и изгиб. Машина обеспечивает регистрацию изменения нагрузки и деформации.

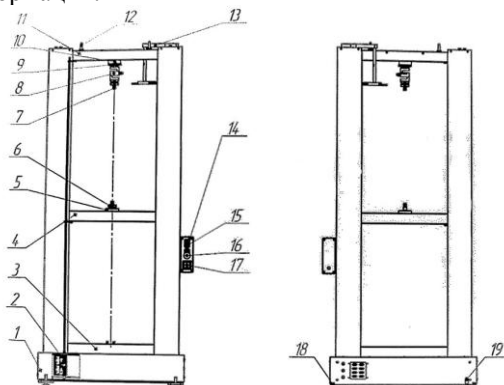


Рис. 2. Общий вид. Машина универсальная для испытания конструкционных материалов ИТС 8220-10:

- 1 - основание; 2 - блок конечных выключателей; 3 - траверса нижняя;
 4 - траверса подвижная; 5 - тяга; 6 - гайка; 7 - тяга; 8 - датчик силоизмерительный;
 9 - гайка; 10 - кронштейн; 11 - траверса верхняя; 12 - рем-болт; 13 - подвеска;
 14 - кнопочная станция; 15 - лампочка "СЕТЬ"; 16 - кнопка "СТОП"; 17 - врубной выключатель; 18 - опора виброизолирующая; 19 - болт заземления

По результатам исследования сделаны выводы об адекватности модели и предложены оптимальные параметры прошивки амортизатора страховочного стропы (шаг прошивки - 10 мм, шаг стежка – 4 мм, длина прошивки – 140 мм), которые позволят снизить максимальное усилие, передаваемое на тело человека в момент падения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент таможенный союз 019/2011 (ТР ТС 019/2011). О безопасности средств индивидуальной защиты.
2. ГОСТ Р ЕН 355-2008 ССБТ СИЗ от падения с высоты. Амортизаторы. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2009. 11 с.
3. ГОСТ Р 12.4.206–99. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Методы испытаний. М.: Госстандарт России, 1999. 19 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН БРАКА СКОБЫ ИЗ СТАЛИ МАРКИ СТЗСП

Е.П. Кондратьева, Е.А. Кошутина

Научный руководитель – **Е.П. Кондратьева**,
старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Проведен анализ брака детали скоба, с применением микроструктурного анализа, оптико-эмиссионного спектрального анализа. Анализ материал скобы по химическому составу соответствует стали марки СтЗсп ГОСТ 380-2005. Дефект, возникающий после операции штамповки на скобе, является разрывом металла. Способствовало образованию разрыва местное загрязнение металла неметаллическими включениями (сульфидами) и зона с наибольшим содержанием перлитной составляющей.

Ключевые слова: микроструктурный анализ, оптико-эмиссионный спектральный анализа, скоба

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF MARRIAGE STAPLES MADE OF STEEL GRADE ST3SP

E.P. Kondratyeva, E.A. Koshutina

Scientific Supervisor – **E.P. Kondratyeva**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

The analysis of the defective part of the bracket was carried out using microstructural analysis, optical emission spectral analysis. Analysis the material of the bracket by chemical composition corresponds to steel grade St3sp GOST 380-2005. The defect that occurs after the stamping operation on the bracket is a metal rupture. Local contamination of the metal with non-metallic inclusions (sulfides) and the zone with the highest content of the pearlite component contributed to the formation of the rupture.

Keywords: microstructural analysis, optical emission spectral analysis, bracket

Производство продукции военного назначения имеет особое значение. При этом процесс изготовления достаточно изменчив и возникает вероятность возникновения брака деталей в процессе производства. В работе проведен анализ дефекта скобы, используемая для кабельных трасс судостроительных объектов. Деталь изготовлена из листовой заготовки методом холодной штамповки. Исходная заготовка скобы – лист размерами 4×5×600 мм (рис. 1).



Рис. 1. Скоба (увеличение × 0,7)

Визуальным осмотром установлено, что поверхность скобы матовая, черного цвета. В процесс штамповки в местегиба обнаружен продольный разрыв металла, расположенный на наружной поверхности с одной стороны.

Проведен химический анализ образца детали на оптико-эмиссионном спектрометре модели ARL3460 в соответствии с ГОСТ 308-2005 (табл.1).

Таблица 1. Сравнительный анализ химического состава материала скобы с требованием ГОСТ 380-2005

	Содержание элементов, в %							
	C	P	S	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
Материал скобы	0,16	0,014	0,015	0,22	0,43	0,04	0,02	0,02
Требования ГОСТ 380-2005 для стали марки Ст3сп	0,14-0,22	не более 0,04	не более 0,05	0,15-0,30	0,40-0,65	0,30	не более 0,30	не более 0,30

Металлографическое исследование проводилось на продольных и поперечных микрошлифах, изготовленных в районе растянутой зоны прогиба и на прямых участках скобы. Исследованием установлено, что разрыв листа произошел в зоне с наибольшим содержанием перлитной составляющей шириной от 0,3 мм до 1,0 мм, залегающей на глубину 0,6 мм от поверхности (рис 2, 3)



Рис. 2. Микроструктурное исследование разрыва (увеличение $\times 0,25$)



Рис. 3. Микроструктурное исследование разрыва (увеличение $\times 0,25$)



Рис. 4. Микроструктурное исследование разрыва (увеличение $\times 0,95$)

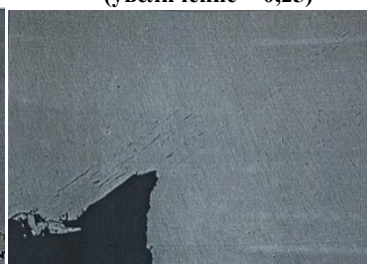


Рис. 5. Микроструктурное исследование разрыва (увеличение $\times 0,95$)

Разрыв сопровождается местным засором металла неметаллическими включениями – сульфидами (рис. 4,5). На прямых участках скобы на глубину 0,6 мм от поверхности так же имеется зона с наибольшими содержанием перлитной составляющей и местное скопление неметаллических включений – сульфидов (рис. 6, 7).

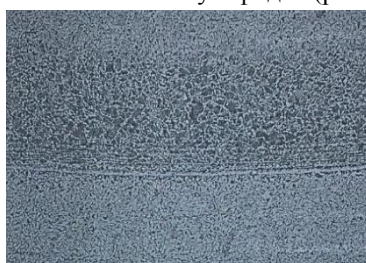


Рис. 6. Микроструктурное исследование разрыва (увеличение $\times 0,25$)



Рис. 7. Микроструктурное исследование разрыва (увеличение $\times 0,25$)

Травление проводилось реактивом Обергоффера установлено, что направления волокна в металле скобы неориентированное. Структура материала скобы представляет собой феррит и небольшое количество перлита. Поверхностных дефектов исходной заготовки материала скобы, указанных п. 2.1.12 ГОСТ 1463789, не обнаружено.

Выводы:

1. Материал скобы по химическому составу соответствует стали марки Ст3сп ГОСТ 380-2005.

2. Направление волокна в материале скобы ориентированное.

3. Дефект, возникающий после операции штамповки на скобе, является разрывом металла. Способствовало образованию разрыва местное загрязнение металла неметаллическими включениями (сульфидами) и зона с наибольшим содержанием перлитной составляющей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 54153-2010 «Национальный стандарт Российской Федерации сталь. Метод атомно-эмиссионного спектрального анализа Steel»;
2. ГОСТ 4543-2016 «Межгосударственный стандарт.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали Технические условия»;
3. ГОСТ 9012-59 «Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю»;
4. ГОСТ 8233-56 «Сталь. Эталоны микроструктуры»;
5. ГОСТ 1778-70 «Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений».