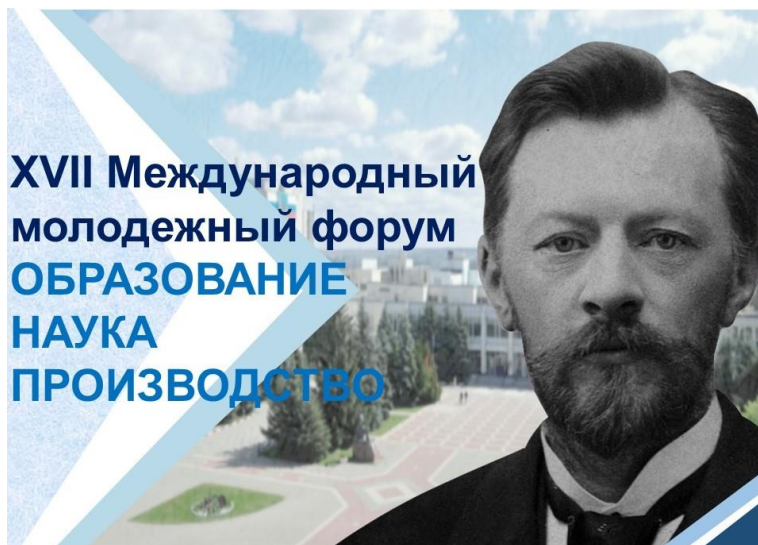


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»



Сборник докладов
Часть 2
Инженерно-технические науки
г. Белгород
30-31 октября 2025 г.

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48
М 43

М 43 **XVII Международный молодежный форум**
«Образование. Наука. Производство»
[Электронный ресурс]:
Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – Ч. 2. – 847 с.

ISBN 978-5-361-01572-6

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения XVII Международного молодежного форума «Образование. Наука. Производство». Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48

ISBN 978-5-361-01572-6

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2025

¹Худасова О.Г., ²Игзунова С.В., ¹Седов С.С.

Научный руководитель: ¹Шеметова О.М., канд. техн. наук, доц.

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

²Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УЧЕБНЫЙ ПУЛЬТ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БОРТОВЫМИ СИСТЕМАМИ АВИАЦИОННЫХ СИМУЛЯТОРОВ

Много людей желают стать с детства лётчиками, но не у всех сбывается такая мечта. Для этого существует много авиационных симуляторов, которые позволяют осуществить свою мечту и попробовать себя в роли пилота, не выходя из дома [1, 2]. Многие пользователи реалистичных симуляторов сталкиваются с тем что неудобно взаимодействовать с бортовыми системами летального аппарата в экстренных ситуациях, где необходимо быстро отреагировать на возникшую ситуацию, например, выключить один из двигателей в случае его неисправности, выпуск тормозного парашюта после приземления во время пробега, если самолёт им оборудован, настройка работы радара для поиска и анализа неопознанных объектов, сброс подвесных компонентов для комфортного выполнения посадки техники[3]. Поэтому, было принято решение разработать универсальный учебный пульт управления бортовыми системами для авиационных симуляторов, с учетом недостатков других производителей [4, 5].

Подведя итог обзора существующих панелей, сведем все данные в таблицу 1.1. Как можно заметить, что у всех производителей, есть отличие между собой и в их решениях есть свои плюсы и минусы, а также каждая компания предлагает разные варианты своих решений. Разница заключается в том, что используется разное количество физических кнопок, тумблеров, стиков джойстика и энкодеров, а также в их наличии.

Таблица 1.1 – Сравнение устройств различных компаний

Устройство	Программное обеспечение	USB HID	Кнопки	Энкодеры	Стики джойстика	Потенциометры	Тумблеры
Virpil	+	-	+	+	+	+	+
Thrustmaster	-	+	+	+	+	+	+
Logitech	-	+	+	+	+	+	+
Winwing	+	-	+	+	+	+	+
VKB sim	+	-	+	+	+	+	+
Elgato	+	-	+	-	-	-	-

После анализа аналогов прототипа универсальной панели управления бортовой системы, был сделан вывод, что устройства у компании Virpil самые комфортные и универсальные под множество задач. Поэтому за основу, дизайн корпуса и расположение органов управления будет взят у Virpil. На рисунке 1 показан предварительный вид корпуса универсальной панели управления.

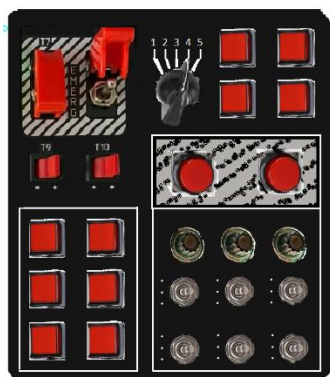


Рис. 1 Прототип универсальной панели управления

Так же у компании Virpil, Thrustmaster, Logitech, Winwing и VKB Sim есть возможность связывать свои панели управления бортовыми системами с другими устройствами, например, с ручкой управления газом, педалями, ручкой управления самолётом. В данной дипломной работе будет реализовано универсальная панель управления с ручкой управления газом.

3D модель корпуса спроектируем в системе автоматического проектирования Компас-3D. Для этого необходимо сначала спроектировать крышку и на ней сделать отверстия под кнопки,

энкодеры, тумблеры, галетный переключатель. Так же нужно разместить два мультиплексора, чтобы в дальнейшем была возможность сделать компактную сборку электроники. После создании крышки, можно сделать корпус размеры, которого будут частично совпадать.

На корпусе сделаем посадочное место под печатную плату контроллера, к которому будет подключаться вся электроника. Чтобы была возможность подключать универсальную панель управления к компьютеру, было сделано отверстие в который можно вставить USB Type C шнур и подключить провода для подключения блока ручки управления двигателем. На рисунке 2 представлена 3D сборка универсальной панели управления.

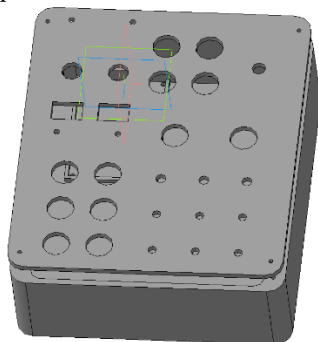


Рис. 2 3D сборка универсальной панели управления

Ручка управления двигателем будет спроектирована очень компактным, с возможностью управления оборотами левого и правого двигателя по отдельности. Также многие пользователи желают, чтобы рядом располагался стик джойстика для триммирования летательного аппарата. У аналогов тоже присутствует стик джойстика, а также набор кнопок и энкодеров. Но так как присутствуют ограничения на количество подключаемых элементов управления, было принято решение оставить один стик джойстика, который можно настроить в дальнейшем мини джойстик. Сначала был начерчен корпус, на котором будет располагаться ручка левого и правого двигателя. Ручка будет закреплена на переменном резисторе для отслеживания положения и на общем вале.

На крышке корпуса были начерчены прямоугольные отверстия для свободного движения ручки вперед-назад. Чтобы закрепить стик

джойстика, было начерчено посадочное место. На рисунке 3 представлена 3D сборка платформы ручки управления газом.

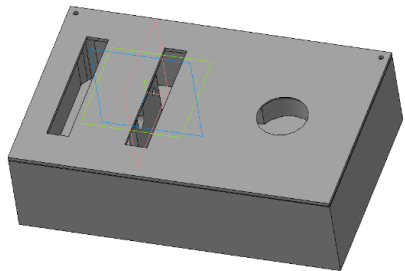


Рис. 3 Сборка платформы ручки управления газом

Так как все управляющие элементы универсальной панели управления закреплены на крышке корпуса и нет возможности закрепить контроллер, то необходимо подготовить минимум проводников для соединения контроллера с крышкой управляющих компонентов. Все кнопки и тумблеры будут подключены к двум мультиплексорам. А мультиплексоры будут параллельно подключены друг к другу, для экономии портов ввода-вывода микроконтроллера.

Для проектирования электрической схемы принципиальной будет использоваться система автоматического проектирования KiCad. На рисунке 4 показана электрическая схема принципиальная печатной платы.

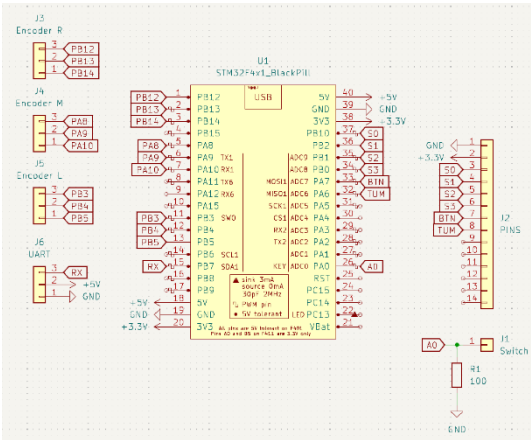


Рис. 4 Электрическая схема принципиальная печатной платы

Панель управления бортовыми системами соединим с ручкой управления двигателем проводниками для их общения между собой. Готовый прототип универсальной панели показан на рисунке 5.



Рис. 5 Универсальная панель управления и ручка управления двигателем

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белоусов Е.Л., Ушкар М.Н., Конструирование блоков бортовой авиационной аппаратуры связи. Учебное пособие. Нижний Новгород : НГТУ, 2005. - 237 с.
2. Борисов В.Ф., Лавренов О.П., Назаров А.С., Чекмарев А.Н. Конструирование радиоэлектронных средств / Под.ред. Назарова А.С. - М.: Изд-во МАИ, 1996. - 380 с.
3. Дембицкий Д.Н. Моделирование задачи автоматизированного управления проектированием РЛС на базе единой аппаратнопрограммной платформы. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. МАИ (НИУ), 2015 г.
4. Ильин Е.М., Полубехин А.И., Севастьянов В.Ю., Самарин О.Ф., Черевко А.Г. Малогабаритный многофункциональный бортовой РЛК для беспилотных летательных аппаратов // Вестник Сиб ГУТИ, 2017. № 4. - С. 104 – 109.
5. Кожевников А.М. Методы оптимального проектирования бортовых радиоэлектронных средств на основе моделирования их электрических, тепловых и механических режимов. диссертация д.т.н., 2005, с. 274.

¹Шеметова О.М., ²Игрунова С.В., ¹Исаев Б.П.
Научный руководитель: ¹Худасова О.Г., ст. преп.

¹Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия

²Воронежский государственный технический
университет, г. Воронеж, Россия

МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ НА КОЛЕСНОМ ШАССИ

Модернизация мобильных колесных роботов для перемещения по плоским поверхностям — одна из ключевых задач в современной робототехнике. Это обусловлено как быстрым развитием технологий, так и растущими запросами из разных отраслей [1].

Особой популярностью в этой сфере пользуются роботы с дифференциальным приводом. Их конструкция включает два соосных колеса, управляемых независимыми двигателями. Маневрирование и движение осуществляются за счет регулировки скорости вращения каждого колеса, что позволяет точно контролировать направление и повороты [2]. Главное преимущество такой схемы — высокая маневренность, обеспечивающая точность в задачах навигации. Однако этот тип привода имеет и недостаток, заключающийся в ограниченной проходимости по сложному рельефу и неспособности преодолевать существенные препятствия [3].



Рис. 1 Мобильный робот Nexus

В связи с этим важной задачей является повышение

устойчивости подобных механических систем. Для этого разрабатываются усовершенствованные конструкции, которые включают дополнительные опорные элементы и усложненные алгоритмы управления движением.

Современные конструкции мобильных устройств на колесной платформе отличаются значительным разнообразием и имеют множество характерных особенностей. Каждый из типов обладает как преимуществами, так и недостатками, что требует применения комплексного подхода к модернизации таких систем. Такой подход должен учитывать все аспекты - от оптимизации механической части до совершенствования программного обеспечения и интеграции передовых сенсорных технологий. Проводимые исследования и опытные разработки способствуют созданию более гибких и адаптивных мобильных роботов, способных эффективно функционировать в различных условиях.

Целью данной работы является создание прототипа колесного мобильного робота, способного передвигаться по горизонтальной поверхности. В перспективе этот прототип послужит экспериментальной платформой для отработки алгоритмов искусственного интеллекта, включая выбор оптимального маршрута достижения цели и точное следование по выбранному пути.

В результате работы над проектом был создан полностью функционирующий прототип мобильного колесного робота, успешно решающий поставленные задачи. (рисунок 2).

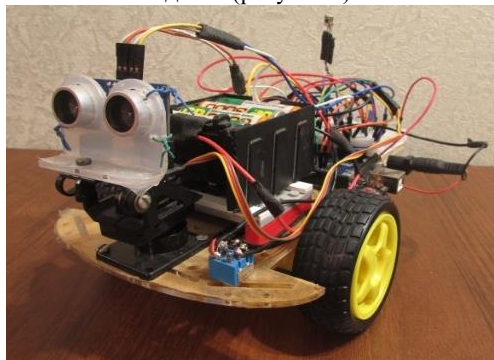


Рис. 2 Вид спереди

На рисунке 4 показан робот с открытой компоновкой. В передней части расположены два ультразвуковых датчика, выполняющие роль органов зрения. На платформе компактно размещены модуль

управления, аккумуляторные батареи и проводные соединения. Ходовую часть представляют ведущие колеса желтого цвета, обеспечивающие мобильность конструкции.

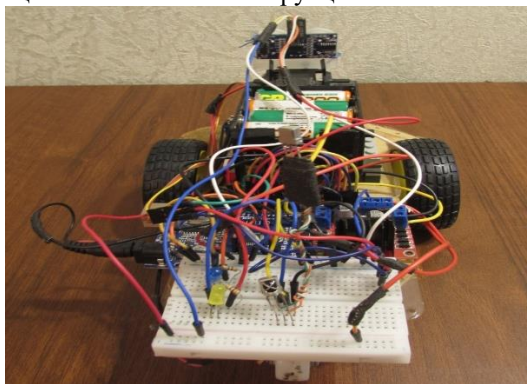


Рис. 3 Вид сзади

На виде сзади хорошо видны два крупных приводных колеса, соединенные с несущей конструкцией. На платформе размещены электронные платы, монтажная панель и модульные компоненты, соединенные организованной системой кабелей. В верхней части конструкции расположены элементы системы питания и дополнительные модули управления (рисунок 4).

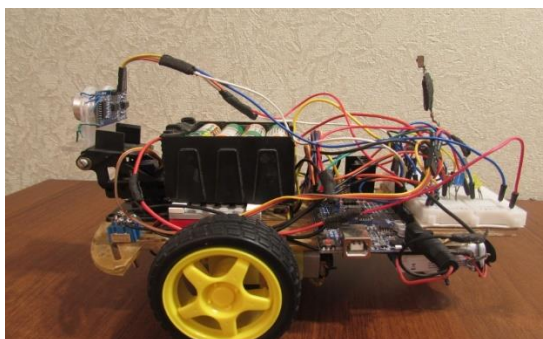


Рис. 4 Вид сбоку

Конструкция устройства включает ходовые колеса ярко-желтого цвета, электронные компоненты и систему кабельных соединений. Центральную часть компоновки занимает блок питания,

обеспечивающий энергоснабжение системы. В передней секции установлен навигационный сенсор, отвечающий за ориентацию в пространстве. Все элементы конструкции интегрированы в единую функциональную систему (рисунок 5).

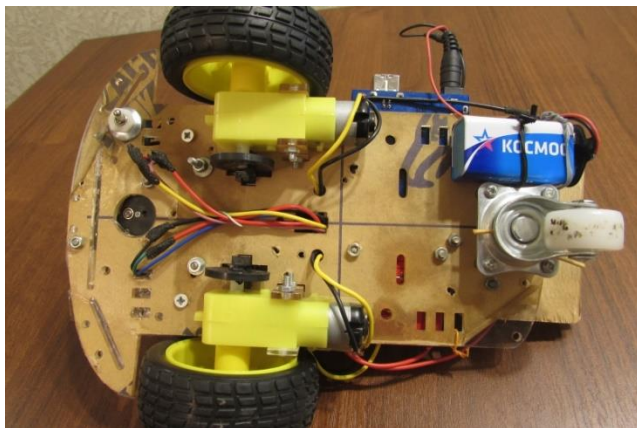


Рис. 5 Вид снизу

Конструкция робота смонтирована на деревянной платформе, где установлены два электродвигателя с колесами, образующие основную движущую систему. Для обеспечения устойчивости используется шариковый опорный ролик. Энергоснабжение осуществляется от батарейного блока, а все компоненты соединены продуманной системой проводки. Навигационные возможности обеспечиваются ультразвуковыми датчиками, расположенными в передней части платформы. Колеса с выраженным протектором, размещенные по бокам конструкции, гарантируют надежное сцепление и эффективное перемещение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брага Н. Создание роботов в домашних условиях. — М.: НТ Пресс, 2007. — 368 с. — ISBN 5-477-00749-4.
2. Шахнов В. А., Козырев А. А. Роботы и робототехнические системы: Учебное пособие. — М.: Академия, 2008. — 304 с. — ISBN 978-5-7695-4369-2.
3. Макаров И. М., Топчеев Ю. И. Робототехника: История и перспективы. — М.: Наука; Изд-во МАИ, 2003. — 349 с. —

(Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения). — ISBN 5-02-013159-8.

УДК 534.1

Алимова П.С., Долгополова А.С.

Научный руководитель: Кузьмин Е. О., асс.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ И ШУМОВЫХ НАГРУЗОК ОТ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПУТИ ИХ МИНИМИЗАЦИИ

Современное машиностроительное производство характеризуется высокой концентрацией технологического оборудования, повышением мощностей и скоростей рабочих процессов. Неотъемлемой частью этого процесса являются динамические воздействия, такие как вибрация и шум [1]. Эти факторы представляют собой серьезную инженерную проблему, оказывая негативное влияние как на технологический процесс и оборудование, так и на человека-оператора. Для специалиста в области технологии машиностроения понимание природы вибраций и шума, а также владение методами борьбы с ними является необходимым условием для обеспечения высокой конкурентоспособности и экологической безопасности производства.

Шум, определяемый как хаотичное сочетание звуков различной интенсивности и частоты, на производстве возникает вследствие множества причин, среди которых можно выделить ударные процессы, трение в кинематических парах, вибрации поверхностей станков, аэродинамические явления в гидравлических и пневматических системах [2]. Длительное воздействие повышенного уровня шума, превышающего установленные гигиенические нормативы, приводит к стойкому ухудшению слуха, заболеваниям сердечно-сосудистой и нервной систем, способствует развитию утомляемости и снижению производительности труда. Нормативной базой, регламентирующей допустимые уровни звукового давления, выступает ГОСТ 12.1.003-2014, который устанавливает предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука для рабочих мест в зависимости от категории тяжести и напряженности трудового процесса [5].

Вибрация, представляющая собой механические колебания упругих тел, передается на оператора через контакт с оборудованием

или через опорные поверхности. В машиностроении наиболее распространена локальная вибрация, воздействующая на руки работающего при использовании ручного механизированного инструмента, а также общая вибрация, воздействующая на весь организм от станков, прессов или через пол производственного помещения. Негативное влияние вибрации проявляется в виде вибрационной болезни, патологий опорно-двигательного аппарата, усугубления других профессиональных заболеваний. Требования вибрационной безопасности и гигиенические нормативы вибрации устанавливаются ГОСТ 12.1.012-2004, который классифицирует вибрацию по способу передачи на человека и определяет допустимые уровни для различных условий труда [6].

Важно подчеркнуть синергетический характер воздействия шума и вибрации, когда их совместное влияние на организм человека оказывается более значительным, чем сумма отдельных эффектов. Кроме того, данные факторы оказывают косвенное влияние на окружающую среду предприятия, распространяясь за пределы цехов и создавая акустический дискомфорт на прилегающих территориях, а также могут приводить к ускоренному износу и разрушению строительных конструкций и самого оборудования. В связи с этим комплекс мероприятий по минимизации вибрационных и шумовых нагрузок является многоплановой задачей, требующей системного подхода на всех этапах жизненного цикла технологического оборудования.

Все методы защиты от шума и вибрации можно условно разделить на несколько крупных групп:

- снижение в источнике возникновения;
- архитектурно-планировочные решения;
- инженерно-технические средства коллективной защиты ;
- средства индивидуальной защиты.

Наиболее эффективным является путь снижения уровня шума и вибрации непосредственно в источнике их образования. Для этого на этапе проектирования оборудования необходимо применять инженерные решения, направленные на снижение динамических нагрузок. Это включает в себя использование кинематических схем с меньшими ускорениями, точную балансировку вращающихся частей, применение зубчатых передач с улучшенной кинематикой зацепления, замену ударных процессов на безударные, использование материалов с высоким внутренним трением для изготовления деталей, а также установку демпфирующих покрытий на вибрирующие поверхности [2].

Архитектурно-планировочные методы предполагают рациональное размещение оборудования внутри производственного помещения. Оборудование с высокими уровнями шума и вибрации целесообразно выделять в отдельные зоны или изолированные помещения. Эффективным решением является установка мощных источников шума на отдельных фундаментах, не связанных с конструкцией здания, а также использование объемно-планировочных решений, таких как звукопоглощающие облицовки стен и потолков, звукоизолирующие кожухи, кабины наблюдения и дистанционного управления для персонала [3]. Данные меры позволяют локализовать распространение акустической энергии и снизить уровень шума в смежных помещениях и на рабочих местах.

Инженерно-технические средства коллективной защиты включают в себя применение виброизоляции и вибропоглощения. Виброизоляция заключается в установке оборудования на виброизолирующие опоры, пружины или резиновые прокладки, которые препятствуют передаче колебаний на основание. Для защиты от структурного шума, распространяющегося по строительным конструкциям, используются виброизолирующие вставки в коммуникациях и гибкие соединения. Вибропоглощение достигается за счет нанесения на вибрирующие поверхности материалов с высоким коэффициентом демпфирования, которые преобразуют механическую энергию колебаний в тепловую [4]. Для борьбы с шумом широко применяются звукоизолирующие кожухи, акустические экраны, а также шумоглушители в системах вентиляции и пневмотранспорта.

Когда техническими средствами не удастся снизить уровни шума и вибрации до установленных нормативов, последним рубежом защиты становится применение средств индивидуальной защиты. К ним относятся противошумные наушники, беруши, а также специальные виброзащитные рукавицы и обувь с вибропоглощающими стельками [2]. Важно отметить, что система индивидуальной защиты является вспомогательной мерой и её использование регламентируется только в тех случаях, когда исчерпаны возможности коллективной защиты.

Минимизация влияния вибрационных и шумовых нагрузок от промышленного оборудования представляет собой комплексную инженерную задачу, успешное решение которой требует от специалиста в области технологии машиностроения глубоких знаний в области промышленной экологии и охраны труда. Грамотное сочетание методов, начиная от проектирования малозумного и сбалансированного оборудования, заканчивая рациональной

организацией рабочих мест и применением средств защиты, позволяет не только обеспечить соблюдение жестких санитарных норм и сохранить здоровье работников, но и повысить общую культуру производства, надежность и долговечность технологических систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фетисова, М. А. Гибкий подход к проектированию производственного объекта / М. А. Фетисова, А. Ю. Коломыцева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 2. – С. 47-54.
2. Шум и вибрация: какие мероприятия по охране труда провести [Электронный ресурс] // Институт прогрессивных технологий. URL: <https://www.mostrudexpert.ru> (дата обращения: 07.10.2025)
3. Нормы шума в производственных помещениях [Электронный ресурс] // Сага. URL: <https://vibroopora.com> (дата обращения: 07.10.2025)
4. Методы защиты от вибрации на производстве [Электронный ресурс] // Стопшум. URL: <https://stopshum.com> (дата обращения: 08.10.2025)
5. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
6. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.

УДК 004.85

Аль Жанзир З.М.

***Научный руководитель: Польщиков К.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия***

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЛИНЕЙНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ И МАСШТАБИРОВАНИЯ ПРИ УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Эмпирическую и теоретическую основу исследования составили научные публикации, посвящённые анализу подходов, методов и моделей линейной интерполяции и масштабирования, применяемых для повышения качества цифровых изображений. В процессе обзора и критического осмысления существующих методологических решений

использованы методы научного обобщения, систематизации и комплексного анализа данных. Применение указанных методов позволило обеспечить целостное понимание современного состояния исследуемой проблемы и определить направления дальнейшего развития моделей линейной интерполяции и масштабирования в контексте улучшения визуальных характеристик изображений.

В большинстве практических применений качество изображения - это мера близости двух изображений: идеального и реального или преобразованного и начального [6]. Математически эта мера представляет собой усредненную среднеквадратичную ошибку [7]:

$$e^2 = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M E(U_{ij} - \widehat{U}_{ij})^2 \quad (1)$$

где M, N – размеры сторон изображения;

$E(\bullet)$ — математическое ожидание;

U_{ij} — значение отсчетов начального изображения;

$\widehat{U}_{ij}$ – значение отсчетов восстановленного изображения.

В экспериментах мерой среднеквадратичной ошибки служит среднее значение поэлементных среднеквадратических ошибок:

$$\bar{e}^2 = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (U_{ij} - \widehat{U}_{ij})^2 \quad (2)$$

На основе приведенных выше зависимостей можно определить отношение сигнал/шум:

$$SNR = 10 \lg \frac{255^2}{e^2} \quad (3)$$

В числителе задан размах значений видеоданных, обычно задаваемых в виде дискретных отсчетов, проквантированных на 256 уровней.

Критерий среднеквадратичной ошибки – естественная мера искажений с физической и математической точки зрения. Но если изображения предназначены для визуального наблюдения, предпочтение этому критерию отдается не всегда. Это связано с тем, что зрительная система не обрабатывает изображение элемент за элементом, а извлекает из него в процессе нейронного кодирования некоторые пространственные, временные признаки, а также признаки цвета [8].

Кроме того, задача улучшения качества изображений предполагает, что у нас нет оригинального изображения высокого качества. Поэтому в задачах улучшения качества изображений наиболее распространенным и надежным способом определения качества изображения является субъективная экспертиза [9].

Как экспертов рекомендуется привлекать наблюдателей-неспециалистов, их оценки определяют качество изображения именно так, как его воспринимает "средний наблюдатель".

Согласно рекомендации 654 МККР рекомендуется пятибалльная шкала абсолютных оценок, приведенная в (табл. 1).

По результатам экспертных оценок обычно определяется средний балл:

$$\bar{C} = \sum (n_k C_k) / \sum n_k \quad (4)$$

где n_k — число изображений, отнесенных к K - й категории; C_k — соответствующий ей бал.

Таблица 1- Пятибалльная шкала абсолютных оценок

Качество	Ухудшение
5. Отличное	5. Незаметное
4. Хорошее	4. Заметное, но не мешающее
3. Удовлетворительное	3. Слегка мешает
2. Плохое	2. Мешает
1. Очень плохое	1. Очень мешает

Рассмотрим более распространенные процедуры обработки в пространственной области для улучшения свойства изображений.

Модели линейной интерполяции и масштабирования при улучшении качества изображений относятся к методам с поэлементной обработкой. При этом используются такие функции, как $f(n, m)$ и $g(n, m)$, в которых уровень яркости исходного и финального изображений представлены в декартовых координатах n (номер столбца) и m (номер строки) при поэлементной обработке [10].

$$g(n, m) = \varphi(f(n, m)) \quad (5)$$

В рамках исследования проанализирован диапазон значений сигнала $[0, 255]$, где 0 – черный уровень, а 255 – белый уровень.

При исследовании уровней линейного контрастирования поэлементное преобразование принимает вид [11]:

$$g(i, j) = af(i, j) + b \quad (6)$$

Параметры преобразования a и b влияют на минимальный g_{min} и максимальный g_{max} уровень исходной яркости. В рамках решения системы уравнений:

$$\begin{cases} g_{\min} = af_{\min} + b \\ g_{\max} = af_{\max} + b \end{cases}$$

получим:

$$\begin{cases} a = (g_{\max} - g_{\min}) / (f_{\max} - f_{\min}) \\ b = (g_{\min}f_{\max} - g_{\max}f_{\min}) / (f_{\max} - f_{\min}) \end{cases}$$

Тогда можно привести (6) к виду:

$$g(i, j) = \frac{f(i, j) - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}} (g_{\max} - g_{\min}) + g_{\min} \quad (7)$$

где $f_{\max}$ — максимальный уровень яркости изображения до зума;

$f_{\min}$ — минимальный уровень яркости изображения до зума;

$f(i, j)$ — текущий уровень яркости в изображении; $g(i, j)$ — новый уровень яркости изображения после масштабирования.

Результат предложенной модели представлен на (рис. 1). Например, после обработки могут появиться отрицательные значения. Известны два способа приведения диапазона яркости исходного изображения в соответствии с диапазоном яркости входного изображения:

— линейное масштабирование (контрастирование) (рис. 2.а);

— инициальное масштабирование (контрастирование) с ограничением (рис. 2.б).

Второй способ иногда дает лучшие визуальные результаты.



Рис. 1. Начальное (левое) и контрастированное (правое) изображение

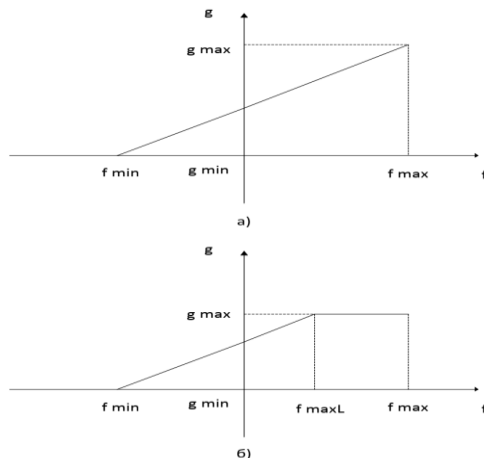


Рис. 2. а) Изменение контраста, б) линейное масштабирование.
 линейное масштабирование с ограничением; ($f_{\min}, f_{\max}$) - диапазон яркости на входе; ($g_{\min}, g_{\max}$) - диапазон яркости на выходе

Гистограммой цифрового изображения с уровнями яркости в диапазоне $[0, L-1]$ называется дискретная функция:

$$h(r_k) = n_k \quad (8)$$

где r_k это k - ый уровень яркости,

n_k — число пикселей на изображении с яркостью g_k .

Делением каждого из значений нормализованной гистограммы на общее число пикселей в изображении n . Тем самым значения нормализованной гистограммы будут:

$$p(r_k) = n_k / n. \quad (9)$$

для $k = 0, 1, \dots, L - 1$.

В общем $p(r_k)$ является оценкой вероятности появления пикселя со значением яркости g_k .

Фильтрация изображения f , имеющая размеры $M \times N$, с помощью фильтра размерами $p \times m$ задается следующим выражением [2, 4]:

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t) \quad (10)$$

где, как следует из предыдущего абзаца, $a = (m - 1)/2$ и $b = (n - 1)/2$.

Чаще всего при улучшении качества изображения линейные фильтры применяют для удаления шума и расфокусировки изображения. В спектре шума содержатся высокие пространственные

частоты, поэтому простая низкочастотная фильтрация уменьшает шум. Примеры сглаживающих масок [1, 3]:

$$1) H = \frac{1}{9} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad 2) H = \frac{1}{10} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad 3) H = \frac{1}{16} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Первая маска дает сумму значений яркости по окрестности 3 x 3. После окончания процесса сложения полученное значение делится на 9, что уменьшает погрешности по сравнению с фильтром с коэффициентами 1/9.

То есть на выход поступают средние значения по окрестности. Такой фильтр называют *однородным усредняющим фильтром*.

Недостатком этих трех масок является то, что наряду с уменьшающимся шумом сглаживаются резкие переходы яркости, поэтому в некоторых случаях применяются методы нелинейной обработки, примером чего является медианный фильтр.

Пусть есть ряд яркости элементов: 1, 2, 3, 100, 4, 5, 6, 200, 7, 8, 8... Здесь шум это значение яркости 100 и 200, которые могут проявляться на изображении как белые точки.

Применим маску размером 1x3. Последовательность из трех значений размещается в порядке возрастания (или убыви), на выход передается средний элемент каждой подпоследовательности:

0, 1, 2 → 0, 1, 2;

1, 2, 3 → 1, 2, 3;

2, 3, 100 → 2, 3, 100;

3, 100, 4 → 3, 4, 100;

100, 4, 5 → 4, 5, 100;

4, 5, 6 → 4, 5, 6;

5, 6, 200 → 5, 6, 200;

6, 200, 7 → 6, 7, 200

200, 7, 8 → 7, 8, 200

Выход: 1, 2, 3, 4, 5, 5, 6, 7, 8...

Этот фильтр устраняет импульсный шум без сглаживания границ [3].

Идеальный алгоритм интерполяции изображений должен обеспечивать сохранение исходных качественных характеристик входных данных, поскольку в процессе масштабирования неизбежно возникают артефакты, проявляющиеся в виде размытия, искажений по границам и резких переходов между участками изображения. В связи с этим алгоритмы, предназначенные для использования в приложениях реального времени — таких как программное обеспечение мобильных устройств и цифровых камер, — должны учитывать специфику

обработки визуальных атрибутов при ограниченных вычислительных ресурсах и объёмах памяти.

На практике наиболее распространёнными остаются методы ближайшего соседа и билинейная интерполяция, которые удовлетворяют требованиям к вычислительной простоте и высокой скорости обработки, однако характеризуются заметным снижением чёткости, особенно в областях с выраженными границами. Несмотря на то что нелинейные методы — например, бикубическая интерполяция и интерполяция на основе сплайнов — позволяют достичь более плавных переходов, их применение ограничено вследствие высокой вычислительной сложности и дополнительных эффектов размытия.

В ходе исследования были проанализированы основные модели линейной интерполяции и масштабирования, используемые для повышения качества цифровых изображений. Эти модели относятся к классу методов поэлементной обработки данных, обеспечивающих последовательную реконструкцию изображения в пространственной области. Разработанная в рамках настоящего исследования модель линейной интерполяции и масштабирования основана на принципах линейной пространственной фильтрации, где выходные показатели качества изображения определяются суммой произведений коэффициентов фильтра, характеризующих степень представления пикселей в пределах области, охватываемой фильтрующей маской.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нгуен В. Ч., Тропченко А. А. Анализ методов интерполяции в задачах реконструкции изображений // *Машиностроение и компьютерные технологии*. 2017. №3. С. 170-181.

2. Савкова Е.Н. Исследование линейности методов измерений цвета в колориметрии цифровых изображений // *Эталоны. Стандартные образцы*. 2024. №2. С. 77-98.

3. Сай С. В., Кудяшов А. А. Оценка качества изображений природного ландшафта с повышенным разрешением на основе GAN // *Вестник ТОГУ*. 2024. №1 (72). С. 49-58.

4. Колбаса О.А., Степанов Ю.А., Бурмин Л.Н. Сравнительный анализ методов интерполяции данных в георадарной обработке // *Вестник КузГТУ*. 2024. №3. С. 15-22.

5. Рушанян А. Ф. Модель распознавания выражений лица “SEGAN-CNN” // *Вестник Российско-Армянского (Славянского)*

университета (серия: физико-математические и естественные науки). 2024. №2. С. 15-30.

6. Khalid H. S, Fakhre N. A. An android smartphone-based digital image colorimeter for detecting acid fuchsin dye in aqueous solutions // Journal of the Iranian Chemical Society. 2023. Vol. 20. P. 3043-3057.

7. Polat F. An advantageous analytical method for the determination of fluoride in saliva exploiting smartphone-based digital-image colorimetry // Chemical Papers. 2022. Vol. 76. P. 6215-6221.

8. Exploring smart phone based colorimetric technology for on-site quantitative determination of adulterant (neutralizer) in milk / V. Kumar [et al.] // Journal of Food Science and Technology. 2022. Vol. 59. P. 3693-3699.

9. Saadati M. A simple spot test method with digital imaging for chromium speciation in water samples // Journal of Analytical Chemistry. 2022. Vol. 77. P. 704-710.

10. A method based on digital image colorimetry for determination of total phenolic content in fruits / R. C. Costa [et al.] // Food Analytical Methods. 2023. Vol. 16. P. 1261-1270.

11. Caleja-Ballesteros H. J. R, Ballesteros J. I. Digital image-based quantification of ethanol in distilled spirits using red cabbage (Brassica oleracea) extract // Chemical Papers. Vol. 77. P. 7977-7984.

УДК 365.624.5

Андреев А.Ю., Скороходова М.Р.

Научный руководитель: Степанова М.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РОССИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗА 2023, 2024 И 2025 ГОДЫ

Природные катаклизмы являются неотъемлемой частью экологической и климатической системы любой страны, однако в последние десятилетия их частота и интенсивность значительно возросли. Россия, обладая огромной территорией и разнообразием природно-климатических зон, регулярно подвергается воздействию различных стихийных явлений — от лесных пожаров и паводков до засух, ураганов и землетрясений. Особенно примечательной стала динамика природных катастроф в 2023–2025 годах, когда наблюдался рост масштабов ущерба, числа пострадавших регионов и вовлечённости населения.

В период с 2023 по 2025 год на территории Российской Федерации наблюдается устойчивая тенденция к росту частоты, масштабов и интенсивности природных катастроф, обусловленная как глобальными климатическими изменениями, так и внутренними социально-экономическими факторами. Анализ по годам позволяет выявить особенности динамики и определить ключевые векторы развития природных угроз[1].

В 2023 году отмечалось значительное увеличение числа природных чрезвычайных ситуаций по сравнению с предыдущим периодом. Особенно выраженной стала климатическая аномалия, проявившаяся в виде продолжительной засушливой погоды в ряде регионов Сибири, что способствовало возникновению масштабных лесных пожаров. По данным МЧС России, наиболее пострадавшими субъектами стали Красноярский край, Иркутская область и Республика Бурятия, где были зафиксированы значительные площади возгораний, превышающие 1,2 млн гектаров[2]. Кроме того, в восточных регионах страны, в частности в Хабаровском крае и Амурской области, произошли интенсивные паводки, вызванные обильными осадками и повышением уровня рек. Также наблюдались отдельные случаи ураганов и шквалистых ветров в Центральной России, что ранее не являлось типичным для данного региона. В целом, 2023 год ознаменовался ростом количества стихийных бедствий до более чем 220 случаев с совокупным ущербом свыше 120 млрд рублей.

В 2024 году наметилась тенденция не только к увеличению количества природных катаклизмов (порядка 250 зарегистрированных инцидентов), но и к усложнению их структуры и географического распределения. Существенную угрозу представили весенние паводки на Урале и в Западной Сибири, вызванные резким потеплением и таянием аномально большого снежного покрова. Летом вновь зафиксированы крупные пожары в Якутии, площадь которых превысила показатели предыдущего года, составив около 1,8 млн гектаров[3]. Особо примечательным стало появление снежных бурь и продолжительных метелей в южных регионах страны (Ростовская область, Краснодарский край), что ранее не наблюдалось с подобной интенсивностью. Основным событием в декабре 2024 года стал разлив мазута. Это одна из крупнейших экологических катастроф Черноморского побережья России. Последствия охватили не только природу — погибшую фауну и загрязнённые пляжи — но и разрушили экономику региона, в первую очередь — туристическую отрасль Анапы[4]. Масштаб бедствия выявил структурные пробелы в системе

экстренного реагирования и кризисного управления: основная нагрузка легла на волонтеров и не была поддержана вовремя профессиональными ресурсами. Длительная и неполная очистка, недостаток средств защиты, продолжающиеся выбросы мазута создавали риски для здоровья и окружающей среды. По совокупному ущербу 2024 год превзошёл предыдущий период, нанеся экономические потери на сумму до 170 млрд рублей и затронув более 60 тыс. человек.

По состоянию на август 2025 года тенденция сохраняется: фиксируется не менее 180 значимых природных происшествий, с концентрацией на юге Дальнего Востока и в Поволжье. В частности, в Приморском крае имели место экстремальные ливни, в ходе которых месячная норма осадков выпадала за одни–двое суток, вызывая подтопления, оползни и нарушение транспортной инфраструктуры. В Поволжье и южной части Сибири зарегистрированы затяжные засушливые периоды, негативно повлиявшие на сельское хозяйство. Кроме того, в Камчатском крае и Байкальской рифтовой зоне были зафиксированы землетрясения магнитудой свыше 6 баллов, вызвавшие локальные разрушения[5]. Несмотря на то, что по состоянию на август общий ущерб несколько ниже по сравнению с предыдущим годом, уже очевидна высокая плотность и разнообразие природных угроз, проявляющихся в текущем году.

Анализ данных показывает стабильный рост количества экстремальных природных явлений, сопровождающийся увеличением площади охвата и материального ущерба. Особенно значителен рост числа пожаров и засух, что связано с климатическим потеплением и снижением уровня грунтовых вод в ряде регионов. Наблюдается тенденция к расширению зон риска. Если ранее основные катаклизмы концентрировались в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, то с 2024 года всё чаще фиксируются случаи катастрофических погодных явлений в Поволжье, Центральной России и даже в южной части Урала.

Таблица – Сравнительный анализ природных катаклизмов за 3 года

Показатель	2023 год	2024 год	2025 год (до августа)
Количество значимых катаклизмов	220+	250	180
Общий ущерб (млрд ₽)	~120–130	~150–170	>90

Пострадавших регионов	35	42	30+
Число пострадавших людей	45 000+	60 000+	35 000+
Площадь лесных пожаров (млн га)	~1,2	~1,8	~1,0

В условиях нарастающей частоты и интенсивности природных катастроф на территории Российской Федерации формирование эффективной системы предупреждения, реагирования и адаптации к экстремальным природным явлениям приобретает ключевое значение. Анализ катастрофических событий, произошедших в 2023–2025 годах, включая масштабные наводнения, лесные пожары, засухи, а также экологическую катастрофу в Анапе, позволяет сформулировать ряд комплексных рекомендаций, направленных на повышение устойчивости территорий и минимизацию последствий чрезвычайных ситуаций природного характера.

Во-первых, необходимо совершенствование системы мониторинга и прогнозирования опасных природных процессов. Требуется расширение сети метеорологических и гидрологических наблюдательных пунктов, модернизация технического оборудования, а также внедрение автоматизированных систем раннего оповещения населения, особенно в уязвимых регионах. Во-вторых, следует усилить институциональную и ресурсную базу региональных систем гражданской обороны и защиты населения[6]. Это предполагает не только обновление материально-технической базы аварийно-спасательных формирований, но и повышение квалификации кадров, внедрение регулярных тренировок и учений с участием населения. Наконец, на государственном уровне необходимо разработка и внедрение национальной стратегии адаптации к изменяющимся климатическим условиям, основанной на комплексной оценке рисков, сценарном прогнозировании и устойчивом территориальном планировании. Такая стратегия должна учитывать как глобальные климатические тренды, так и региональную специфику, включая уязвимость конкретных территорий, плотность населения, состояние природных ресурсов и наличие социальной инфраструктуры.

Анализ данных позволяет сделать вывод, что период 2023–2025 годов в России демонстрирует устойчивую тенденцию к усложнению структуры природных катаклизмов. Их число и последствия растут, охватывая всё большее количество территорий и населения. Это

требует фундаментального пересмотра подходов к прогнозированию, снижению рисков, защите критически важной инфраструктуры и повышению климатической устойчивости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анна Гальчева «Число погодных катаклизмов в России за год резко выросло» [Электронный ресурс] // «РБК». 2024. URL: <https://www.rbc.ru> (дата обращения: 6.08.2025).
2. Игорь Геращенко «Наводнения в России в 2024 году: прогноз самых сильных паводков» [Электронный ресурс] // «Погода. Новости». 2024. URL: <https://pogoda.mail.ru> (дата обращения: 6.08.2025).
3. «В РАН раскрыли интересную деталь о землетрясении на Камчатке» [Электронный ресурс] // «РИА Новости». 2025. URL: <https://ria.ru> (дата обращения: 6.08.2025).
4. «Экологическая катастрофа в Анапе 2024 года» [Электронный ресурс] // «Экопортал». 2025. URL: <https://ecoportal.info> (дата обращения: 6.08.2025).
5. Единый методический подход к оценке риска негативных воздействий при авариях и катастрофах / Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Латкин М.А. // В сборнике: Риски в изменяющейся социальной реальности: проблема прогнозирования и управления. Материалы международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Ю.А. Зубок. 2015. С. 74-78
6. Радоуцкий В.Ю., Полуянов В.П. Тактика сил РСЧС и ГО - Белгород, 2010. – 225 с.

УДК 623.746.4-519

Андреева С.О., Дуганова Е.В.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВОЗДУШНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Использование беспилотных летательных аппаратов в авиации является новым трендом в сфере транспорта, который стремительно набирает популярность в последнее время. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными видами транспортных средств таких как самолеты и

вертолеты. БПЛА позволяют ускорить процессы выполнения задач, снизить затраты и повысить эффективность, делая их предпочтительным вариантом для множества отраслей промышленности.

Максимальный взлетный вес беспилотного летательного аппарата играет ключевую роль в определении правовых аспектов эксплуатации, равно как и других видов беспилотных летательных аппаратов.

1 группа – вес до 150 г. – сюда относятся беспилотные воздушные средства, которые не проходят регистрацию и не нигде не учитываются.

2 группа – вес от 150 г. до 30 кг. – сюда относятся транспортные средства, которые подлежат обязательному государственному учету и регистрации. БПЛА данной группы являются бытовые и коммерческие беспилотники.

3 группа – вес от 30 кг. и более – БПЛА данной группы используются в целях армии, они также подлежат учету и регистрации [3].

При эксплуатации беспилотных летательных средств требуется наличие у владельца документа о пригодности к полетам. Постановление правительства включает данное условие. Это правило касается исключительно беспилотных летательных аппаратов, вес которых превышает 30 кг. Специальные нормы и правила эксплуатации распространяются только на беспилотные летательные аппараты 2 и 3 группы.

Беспилотные летательные аппараты также подразделяются по их назначению на гражданские и военные БПЛА. Первые используются только в мирных целях, вторые – для выполнения боевых задач. И те и другие беспилотники имеют соответствующее оснащение согласно направлениям деятельности.

Беспилотные летательные аппараты оборудованы системами передачи информации о текущей высоте, работающими по стандартам приложения 10 ИКАО и локальным нормам управления воздушным движением; при этом канал связи между пилотом беспилотного летательного аппарата и централизованным управлением должен соответствовать максимальному уровню надежности, непрерывности и точности, характерному для полетов пилотируемых воздушных судов в аналогичном воздушном пространстве [1].

Беспилотный летательный аппарат должен проходить обязательную сертификацию только в том случае, если он удовлетворяет требованиям сертификационного базиса. После

прохождения сертификации, за которую несет ответственность разработчик выдается соответствующий сертификат.

В наши дни наблюдается широкое применение беспилотных летательных аппаратов в различных сферах деятельности с множеством примеров. Так, например недавно в Китае состоялся успешный испытательный вылет новейшего коммерческого грузоперевозчика-дрона HH-100 (рис. 1,2). Двухмоторный беспилотник обладает максимальным стартовым весом 2 000 кг, может перевозить до 700 кг груза и совершать полеты на дистанцию 520 км со скоростью до 300 км/ч. Основной сферой его использования является локальная доставка грузов (на короткие расстояния), а также выполнение задач по борьбе с пожарами, обеспечению гуманитарных поставок, организации аварийного взаимодействия и рассеиванию облачности. Компания AVIC из Китая, ответственная за создание крупного беспилотника для перевозки грузов, активно продвигает разработку дополнительных беспилотных транспортных средств вместимостью 2, 5 и 10 тонн [5].



Рис. 1. Дрон DJI Matrice 600 Pro для доставки медикаментов и грузов первой необходимости



Рис. 2. Двухмоторный грузовой беспилотник HH-100

Несмотря на широкое использование БПЛА в Китае, в нашей стране также успешно эксплуатируются беспилотные летательные аппараты для доставки грузов по воздуху. В отдаленных северных районах «Почта России» (рис. 3) доставляет грузы в недоступные зоны, но данная операция ограничена локальным масштабом и стоит в 152 раза дороже стандартных рейсов с пилотами, превышая аренду воздушных судов в 43 раза [6].



Рис 3. беспилотный вертолет SH-350

Для использования беспилотников в авиации необходимо придерживаться следующих правил.

1. До запуска любого полета БПЛА обязан иметь регистрационные обозначения с конкретным номером, присвоенном согласно правилам учета беспилотных летательных аппаратов [2].

2. Получение разрешения на эксплуатацию воздушного пространства необходимо, поскольку БПЛА являются материальными объектами в воздушном пространстве, и их функционирование обязывает соблюдать специальный регламент. Использование воздушного пространства по разрешительной системе предполагает выполнение полетов согласно утвержденным графикам и расписанию, основанным на полученных разрешениях на доступ в воздушное пространство. Запрашивается уведомление о маршруте полета БПЛА вне зависимости от категории воздушного пространства, где осуществляется полет данного устройства. Исключение составляют ситуации, связанные с визуальным управлением полетом беспилотных летательных аппаратов.

3. Согласно Воздушному кодексу, эксплуатация беспилотных летательных аппаратов возможна лишь при наличии квалифицированного экипажа.

4. Исполнение норм выполнения авиационных работ. В процессе осуществления полета разрешается фото и видеосъемка, а также и иные способы наблюдения беспилотным летательным аппаратом земной поверхности.

В случае если беспилотные летательные аппараты используются без лицензии, это может привести в административной ответственности (наложению штрафа). Поэтому все организации, которые занимаются авиационными перевозками, обязаны соответствовать нормам сертификации [4].

Таким образом, беспилотные летательные аппараты подразделяются на три группы в соответствии с их массой, первая – до 150 г., вторая – от 150 г. до 30 кг. и третья – массой более 30 кг. БПЛА 2 группы используются в коммерции и быту, беспилотники 3 группы используются в целях армии. Беспилотные летательные аппараты также подразделяются по их назначению на гражданские и военные БПЛА. Первые используются только в мирных целях, вторые – для выполнения боевых задач. И те и другие беспилотники имеют соответствующее оснащение согласно направлениям деятельности. Использование беспилотных летательных аппаратов в авиации представляет собой многообещающее направление развития в сфере транспорта, несущее значительный потенциал для повышения уровня жизни населения и стимулирования экономического подъема. Чтобы полностью раскрыть этот потенциал, требуется преодолеть множество технологических, законодательных и общественных проблем, касающихся использования беспилотных летательных аппаратов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агеева, Е.Г. Перспективы применения БПЛА как средства доставки грузов / Е.Г. Агеева, О.В. Евсеев // Современные проблемы управления внешнеэкономической деятельностью: материалы международной научной конференции. – 2020. – Выпуск 68. – С. 161-167.

2. Беспилотная грузовая доставка. – режим доступа: <https://www.aeromax-group.ru>.

3. Дуганова, Е. Разработка проекта создания дорожно-транспортной инфраструктуры с использованием малых беспилотных летательных аппаратов /Е. Дуганова, И. Новиков, Е. Мирошников, А. Долженко // Международная научная конференция «Транспортные технологии в XXI веке » (ТТ21С-2024) «Актуальные проблемы

декарбонизации транспорта и энергетики: пути их инновационного решения». – 2024. – Том. 515. – С. 1-10.

4. Постовалов, И.В. Воздушные перевозки беспилотными летательными аппаратами / И. В. Постовалов, Н. С. Левшин // Молодой ученый. – 2024. – № 44 (543). – С. 42-46.

5. Соломин, Е.В. Обзор беспилотных авиационных систем доставки грузов / Е.В. Соломин, А.С. Мартыанов, Х. Шахин // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2025. – Т. 26, № 2. – С. 264-290.

6. Тимошенко, О.Б. Беспилотный транспорт будущего / О.Б. Тимошенко, А. В. Азаров, Е. М. Кириери, Е.С. Енна // Молодой ученый. – 2024. – № 8.2 (246.2). – С. 44-46.

УДК: 629.7.017.1:629.785

Андриевская А.С.

Научный руководитель: Епринцев М.А., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Современные космические аппараты требуют высоконадежных систем энергообеспечения, поскольку от их непрерывной работы зависит выполнение миссий в экстремальных условиях космического пространства. Одним из ключевых источников энергии для космических аппаратов являются солнечные батареи, которые преобразуют солнечное излучение в электричество. Их надежность является важным фактором, определяющим успех космических программ. По статистике, до 30% отказов бортовых систем космических аппаратов связаны с энергообеспечением, причем значительная часть приходится на деградацию фотоэлектрических элементов, повреждение панелей микрометеоритами и термические перегрузки. В условиях роста числа космических миссий повышение надежности солнечных батарей становится приоритетной задачей [1].

В рамках работы рассматриваются основные проблемы и причины отказов солнечных батарей в космических миссиях. Использование солнечных батарей в космосе сопряжено с рядом серьезных технических проблем. Основные трудности связаны с агрессивным воздействием космической среды. Космическая радиация представляет

собой один из наиболее существенных факторов, ограничивающих срок службы солнечных батарей в космосе. Основными источниками радиационной опасности являются галактические космические лучи, состоящие на 85% из протонов, 14% - ядер гелия и 1% - более тяжелых элементов. Все это вызывает постепенное разрушение кристаллической структуры полупроводников, приводя к среднегодовой деградации КПД на 1-2% для низких орбит.

Не менее серьезную проблему создают экстремальные температурные перепады: при выходе из тени батареи могут мгновенно нагреваться до $+150^{\circ}\text{C}$, а при заходе в тень - столь же быстро охлаждаться до -150°C , что приводит к термическим напряжениям в материалах.

Механические воздействия также представляют риск - во время запуска солнечные панели подвергаются вибрационным нагрузкам до 20g, а на орбите постоянно находятся под угрозой ударов микрометеоритов, летящих со скоростями до 72 км/с. Особенно критична проблема пылевого загрязнения для марсианских миссий, где солнечные панели теряют в среднем 0,3% мощности ежедневно из-за оседания мелкодисперсного реголита, который не только уменьшает прозрачность покрытий, но и вызывает абразивный износ поверхности благодаря электростатическому прилипанию частиц.

Сведенные статистические данные основных причин отказов солнечных батарей представлены ниже на рисунке 1 в виде круговой диаграммы распределения.



Рис.1 – Круговая диаграмма распределения основных причин отказов

В условиях экстремальных космических факторов – радиации, перепадов температур, механических нагрузок и пылевого загрязнения – работоспособность солнечных батарей постепенно снижается. Для прогнозирования возможных отказов и планирования технического

обслуживания необходимо проводить оценку вероятности безотказной работы (ВБР). Она позволит выявить наиболее критические факторы риска [2].

При проведении оценки ВБР солнечных батарей космических аппаратов ключевой проблемой является отсутствие полных и точных статистических данных об отказах. Одной из основных причин этого является то, что значительная часть информации о реальных неисправностях составляет коммерческую или военную тайну - производители спутников крайне редко публикуют детальные отчеты об авариях и отказах. Поэтому в расчетах будут использованы примерные, приближенные к реальным, статистические данные [3]. Примерные данные об отказах приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Примерные данные об отказах солнечных батарей в космических аппаратах

Причина отказа	Число отказов	Общее число аппаратов
Радиационная деградация	~500	~13000
Механические повреждения	~350	~13000
Электротехнические неисправности	~200	~13000
Ошибка обслуживания	~100	~13000
Накопление пыли/льда (Лунные миссии)	12	74
Накопление пыли/льда (Марсианские миссии)	9	48

Для расчета статистической оценки ВБР используется формула:

$$\tilde{P}(t) = 1 - \frac{n(t)}{N} \quad (1)$$

где $n(t)$ – число объектов, отказавших за время t ;

N – число работоспособных объектов при $t=0$.

В результате вычислений было выявлено, что наибольшие рассчитанные значения наблюдаются для отказов, связанных с обслуживанием ($\tilde{P}_{обс}(t) = 0,9923$) и электротехническими неисправностями ($\tilde{P}_{эл}(t) = 0,9846$), что свидетельствует о высокой надежности этих компонентов и эффективности применяемых мер защиты. Несколько ниже показатели для механических повреждений

($\tilde{P}_{\text{мех}}(t) = 0,9731$) и радиационного воздействия ($\tilde{P}_{\text{рао}}(t) = 0,9615$).

Однако для лунных ($\tilde{P}_{\text{лун}}(t) = 0,8378$) и марсианских ($\tilde{P}_{\text{марс}}(t) = 0,8125$) миссий значения оценки ВБР значительно снижаются, что показывает особую опасность пылевого и ледяного загрязнения солнечных батарей в условиях планетных миссий и указывает на необходимость разработки специальных мер защиты.

Существующие методы повышения надежности систем энергообеспечения с использованием солнечных батарей при планетных миссиях действительно эффективны, но не обеспечивают достаточно высокой надежности. Поэтому предлагается рассмотреть принципиально новый метод - систему магнитной очистки, которая может улучшить защиту солнечных батарей от загрязнений. В основе метода лежит использование ферромагнитных жидкостей, содержащих, к примеру, наночастицы магнетита (Fe_3O_4), так как он обладает сильной намагниченностью. Ферромагнитная жидкость располагается по периметру или под солнечной панелью. При включении системы электромагниты создают управляемое магнитное поле, заставляя жидкость растекаться по поверхности. Двигаясь, она «собирает» магнитные частицы пыли. Под действием поля жидкость циркулирует, концентрируя загрязнения в одном месте – например, в боковом резервуаре или на краю панели. Завершающий этап: встроенный насос или механическая щётка удаляют скопление пыли, а жидкость возвращается в систему для следующего цикла.

Потенциальными преимуществами такого метода являются несколько факторов. Во-первых, энергия потребляется только во время очистки, после чего автоматически отключаются и переходит в режим ожидания. Во-вторых, за счет высокой чувствительности ферромагнитной жидкости система захватывает даже частицы с минимальным содержанием магнетита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рябцева М.В. Анализ конструкций перспективных солнечных батарей космических аппаратов / Рябцева М.В., Лебедев А.А., Наумова А.А. и др. // М.: Инженерный журнал: наука и инновации, номер 8, 2024. – 1-17с.
2. Марченко Б.И. Обеспечение надежности технических систем. СПб.: «Нестор-История», 2016. – 88с.

3. NASA Technical Reports Server [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ntrs.nasa.gov/> (дата обращения 22.09.2025).

УДК 630*24

Анисимов И.С.

***Научный руководитель: Царев Е.М., д-р. техн. наук, проф.
Поволжский государственный технологический университет,
г. Йошкар-Ола, Россия***

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ РУБОК УХОДА В МОЛОДНЯКАХ

Рубки ухода - это форма ухода в лесных биогеоценозах путём ликвидации из лесных массивов в надлежащие сроки эволюции неустойчивых деревьев и формирования комфортной среды для развития лучших потенциальных деревьев основных пород.

Бытуют приемы ухода в молодняках по результатам анализа формирования и статуса подроста в лесных массивах [1, 2]:

1. на базе лесных машин, типа кустореза и катков осветлителей.
2. на базе моторных инструментов типа бензопил и кусторезов.
3. химический, воплощается путем влияния арборицидов на задержки роста лиственных ненужных деревьев и ослабления их конкурентной способности, с возможностью полного или фрагментного уничтожения подобных деревьев [3, 4, 5]. В ряде случаев, этот факт делает химический способ достаточно эффективным и малозатратным [6, 7].

Выделяют ряд приемов обработки в молодняках в лесных биогеоценозах арборицидами:

- пневая обработка лиственных деревьев арборицидами;
- опрыскивание с земли листвы деревьев ненужных пород;
- авиоопрыскивание листвы деревьев ненужных пород самолетами (затратный способ) и квадрокоптерами [2].

Сопоставительные признаки приемов ухода в молодняках представлены в таблице.

Таблица Сопоставительные признаки приемов ухода в молодняках

Машинный способ осветления и прочистки		Механический способ осветления и прочистки		Химический способ		
Кусто резом	Катком осветли телем	Куст орезом	Бензиномоторной пилой	Нанесение арборицида на кроны деревьев и кустарников вручную	Опрыскивание деревьев и кустарников с помощью самолета и квадрокоптера	Машинное опрыскивание деревьев и кустарников
отсутствие лесных дорог (во многих случаях)		большие физические нагрузки на оператора при работе и переносе устройств				
появление корневой поросли				низкая эффективность биологического воздействия арборицидной смеси		
невозможность удаления древесно-кустарниковой растительности в рядах		загазованность		требуется увеличения доз арборицидов при обработке		
		вибрация		не обладает избирательной способностью		
		появление корневой поросли		не безопасен экологически		
	только для создания просек	появление корневой поросли				

Особую категорию химического способа составляет его модификация путем ввода впрыска арборицида а зарубки на стволах деревьев, подлежащих ликвидации.

При этом ствол дерева постепенно отмирает вместе с корневой системой, препятствующее дальнейшему формированию корневой заросли.

«Кобра» делает возможным при незначительных издержках средств и времени на долгий период освободиться от сорной древесно-кустарниковой растительности (рис. 1) [8, 9].



Рис. 1. Инъектор «Кобра»: а – вид общий, б - надрез ствола дерева, в – зарубка

Инъектор имеет ряд минусов:

1. сложность и массивность;
2. невысокая безотказность (как показывает опыт происходит разрыв и засаривание шланга для впрыска арборицида;
3. значительные затраты энергии на надрез ствола дерева;
4. высокая физическая бремя на оператора при эксплуатации и переходе с устройством к новому месту надреза;
5. сроки увядания удаляемых деревьев длительные;
6. не безопасен экологически (есть риск попадания части арборицида на землю).

В результате рождается идея обновления инъектора «Кобра» содействующая в:

1. упрощении конструкции инъектора;
2. увеличить безотказность в работе;
3. снизить затраты энергии на надрез ствола дерева;
4. снизить бремя на оператора при эксплуатации и переходе с устройством к новому месту надреза;

5. сжать сроки увядания удаляемых деревьев;
 6. гарантировать экологическую безопасность (арборицид не должен попадать на землю).
- Этому будет посвящено следующие исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егоров, А.Б. Химический уход за лесом: история, современное состояние и перспективы развития / А.Б. Егоров // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2014. – № 2. – С. 43-55.
2. Денисов, С.А. Опыт применения квадрокоптера для мониторинга возобновления леса / С.А. Денисов А.А. Домрачев, А.С. Елсуков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Лес. Экология. Природопользование. - 2016. - №4 (32) - С.32-46. doi.10.15350/2306-2827.2016.4.34
3. Григорьева, О.И., Безопасное использование пестицидов в лесном хозяйстве / О.И. Григорьева, О.И. Гринько, И.В. Григорьев // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. – 2023. – № 3. – С. 48-68.
4. Sanemitsu, Y. Synthesis and herbicidal activity of 2-a cylimino-3-phenyl-1,3-thiazolines-A new family of bleaching herbicides / Y. Sanemitsu, S. Kawamura, J. Satoh, T. Katayama, S. Hashimoto // J. Pest. Sci. - 2006. - V. 31. - № 3. - P. 305-310. <https://doi.org/10.1584/jpestics.31.305>.
5. Wang, M. Synthesis and herbicidal activity of novel 5-substituted benzenesulfonylureas / M. Wang, X. Mu, W. Guo, Y. Li // Chem. Res. Chin. Univ. - 2007. - V. 23. - № 6. P. 674-678. [https://doi.org/10.1016/S1005-9040\(07\)60146-9](https://doi.org/10.1016/S1005-9040(07)60146-9).
6. Primol, S. Predicting the risk of weed infestation in minter oilseed rape crops / S. Primol, U. Valantiu-Morison, D. Makowski // Weed Res. - 2006. - V. 46. - № 1. - P. 22-33. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2006.00489.x>.
7. Papiernik, S. Processes affecting the dissipation of the herbicide isoxaflutole and its diketonitrile metabolite in agricultural soils under field conditions / S. Papiernik, S. Yates, W. Koskinen, B. Barber // J. Agr. Food Chem. - 2007. - V. 55. - № 21. P. 8630-8639. <https://doi.org/10.1021/jf071256s>.
8. Патент №2236780 Российская Федерация, МПК A01G23/00, A01M21/02. Устройство для химического ухода / Алексеев Г.А., Алексеев Ю.Г.; заявитель и патентообладатель Алексеев Г.А., Алексеев

Ю.Г., заявл. 04.10.2001, опублик. 27.09.2004. Бюл. № 27.

9. Алексеев, Г. А. Рекомендации по уходу за молодняками леса инструментом «Кобра» / Г. А. Алексеев. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. - 40с.

УДК 656.13; 629.331+631.372

Анисимов Н.С.

*Научный руководитель: Багаутдинов И.Н., канд. техн. наук, доц.
Поволжский государственный технологический университет,
г. Йошкар-Ола, Россия*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОТИВОБУКСОВОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ

В современном быстроменяющемся мире все более злободневным встает вопрос активного отдыха среди молодежи на автомобилях. В обиход приходят такие понятия как [1]:

1. офф-роуд (англ. off-road — бездорожье) — вид активного отдыха и спорта с форсированием непроходимой местности (бездорожья) на разнотипных транспортных средствах: легковые автомобили, квадроциклы, мотоциклы, вездеходы и т.д.

2. джиппинг - экстремальный вид спорта и отдыха, по преодолению путешественнического маршрута по непроходимой местности на разнотипных транспортных средствах.

Общим для них является непроходимая местность - бездорожье.

Бездорожье имеет особенностью вождения транспортного средства по грунтовым поверхностям (песок, грязь, гравий, русла рек, гололед, снег, камни) и другой естественной местности.

Обеспечение проходимости «железных коней» по непроходимой местности считается насущней задачей на сегодняшний день для этих видов подвижного отдыха.

Существуют несколько решений по усилению проходимости автомобилей по непроходимым местам [2, 3, 4, 5].

Но бытует в простонародии использование противобуксовочных приспособлений.

Сопоставительные признаки противобуксовочных приспособлений для автомобилей по преодолению грунтовых поверхностей представлены в таблице.

Особую категорию представляют противобуксовочные приспособления рычажного типа с грунтозацепными элементами, многорычажные (с 4-мя или 6-тью грунтозацепными элементами) [6, 7].

Таблица Сопоставительные признаки противобуксовочных приспособлений для автомобилей по преодолению грунтовых поверхностей

Тип устройства	Кол-во, шт.	Общий вид	Цена, руб.	Недостатки
Ленты (траки) противобуксовочные	1		1200	циклический характер работы
Цепи противоскольжения	на 4 колеса		10000	трудоемкость установки (требуется снятие колеса)
Браслеты противоскольжения	на колесо		3499	трудоемкость установки (требуется снятие колеса)
Антипро-буксовочная лента	1		2500	циклический характер работы
Шипы	50 шт. на колесо		800 (за 100 шт.)	сезонность (только зимой)

Минусы:

1. трудоемкость установки (нужно снять колесо);
2. массовость процессных операций (монтаж каждого противобуксовочного приспособления на колесный диск).

В связи с этим возникает вопрос разработки противобуксовочного приспособления, устраняющие минусы своих предшественников, а именно:

1. монтаж и последующий демонтаж во всякой возможной ситуации и на любой дороге не демонтируя колеса;
2. снизить вес и сократить габариты;
3. сжать время и затрат на монтаж и последующий демонтаж;
4. универсализм (для любых радиусов колесных дисков);
5. низкая стоимость.

Противобуксовочное приспособление содержит грузозацепный элемент выполнен в виде металлического каната 1, на петлях 2 которого установлены технологические кольца 3, а сами они пропущены через грунтозацепы 4 состоящие из круглой трубы 5 на которой жестко закреплены три прямоугольные пластины 6, разнесенные на 120 градусов относительно друг друга, при этом свободные концы петель 2 пропущены через технологи-ческие кольца 3, а при помощи натяжных талрепов 7, они соединены между собой общим центральным кольцом 8 [8].

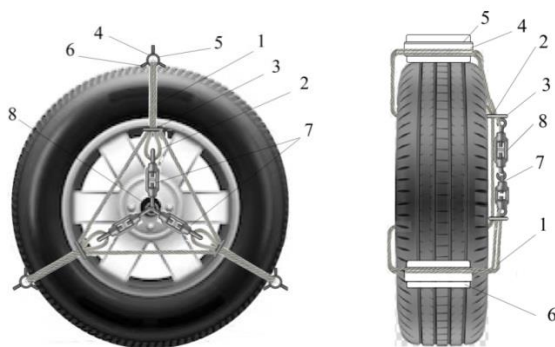


Рис. 1 Противобуксовочное устройство:

- 1 – корпус, 2 – резьбовые соединения, 3 – вилочные проушины,
- 4 – планки, 5 - Г-образные грунтозацепы 6 – треугольные опоры,
- 7 – резьбовые соединения, 8 – опорные площадки, 9 – болтовые соединения, 10 – накладка, 11 – колесо

Предложенное устройство работает следующим образом.

При резком ухудшении сцепления поверхности колеса 9 с поверхностью дорожного полотна, например, при обильном снегопаде или заносе дороги снегом, при попадании на размокшую грунтовую дорогу, на ведущие колеса автомобиля устанавливают металлический канат. При этом вначале формирую петлю, на нее одевают

технологическое кольцо, пропускают ее в через одно окно обода колеса, а затем через грунтозацеп и технологическое кольцо. На свободный конец петли устанавливают талреп.

После чего по аналогии устанавливают остальные грунтозацепы, а талрепы в центре устанавливают на центральное кольцо.

При помощи талрепов они стягиваются, образуя противобуксовочное приспособление, готовое к работе. При попадании на участок дороги с нормальным покрытием противобуксовочные приспособления снимаются поочередно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org> (открыт 15.10.2025).

2. Фатхуллоев, И.Б. Формально-структурный анализ терминопольа. Устройства легкового автомобиля и его главные параметры / 2. И.Б. Фатхуллоев // Вестник Таджикского национального университета. Серия филологических наук. - 2015. - № 4-10 (187). - С. 27-30.

3. Лапик, В.П. Проходимость - как комплексный показатель оценки эффективности машин / В.П. Лапик, В.В. Картавый // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. - 2004. - № 1 (3). - С. 149-152.

4. Федорец, М.И. Основные оценочные характеристики движения машин по местности вне дорог / М.И. Федорец, В.К. Зыкова // В сборнике: Математическое моделирование и информационные технологии при исследовании явлений и процессов в различных сферах деятельности. Сборник материалов международной научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов, посвященной 70-летию кафедры высшей математики. - 2021. - С. 397-401.

5. Агейкин, Я.С. Дополнительный бесконтактный движитель как средство повышения проходимости колесной машины / Я.С. Агейкин., Н.С. Вольская, А.В. Соловьев, И.В. Чичекин // Автомобильная промышленность. - 2008. - № 2. - С. 15-16.

6. Патент 2506172 Устройство противобуксовочное. Российская федерация, МПК В60С 27/04. Автор: Андреянов С.Г., заявитель и патентообладатель Андреянов С.Г., заявл. 23.08.2012 опублик. 10.02.2014, бюл. №4.

7. Патент 2449896 Противобуксовочное устройство. Российская федерация, МПК В60В 15/22, В60В 15/26, В60В 15/08, В60С 27/20, В60С 27/04, В60С 27/02. Автор: Черниченко В. В., Черниченко С.

В., Черниченко В. В., заявитель и патентообладатель Черниченко В. В., заявл. 02.02.2011 опублик. 10.05.2012, бюл. №13.

8. Заявка на изобретение № 2025114463 Противопробуксовочное устройство, Российская Федерация Авторы: Царев Е.М., Рукомойников К.П., Макаров В.Е., Анисимов Н.С., Анисимов И.С, Анисимов С.Е., заявл. 28.05.2025.

УДК 004.9

Анокин Ю.С.

Научный руководитель: Стативко Р.У., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АРХИТЕКТУРЫ, УПРАВЛЯЕМЫЕ СОБЫТИЯМИ: ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ SLI/SLO И АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Инженерия надёжности (SRE) привыкла к предсказуемым кластерам и длинноиграющим сервисам, но мир стремительно переехал в безсерверные и событийные ландшафты. Функции вспыхивают и исчезают за миллисекунды, цепочки исполнения разбегаются по очередям и триггерам, а привычные «термометры» вроде CPU и аптайма вдруг теряют смысл. Задача этой работы - показать, как перенастроить SRE, чтобы надёжность оставалась по умолчанию, даже когда инфраструктура эфемерна и половина пути спрятана внутри управляемых сервисов.

Опираясь на практики SRE (SLI/SLO/SLA, бюджеты ошибок, автоматизация, наблюдаемость) и на кейс финтех-компании, мигрировавшей к AWS Lambda и EventBridge, мы последовательно разбираем вызовы, способы их смягчения и организационные решения: от политики-как-коду и «трассировки-сначала» до событийных ранбуков и хаос-экспериментов. Спойлер: выигрывает не только стабильность, но и темп релизов.

Начнём с фундамента. В SRE ключевые сущности - SLI (что именно измеряем), SLO (на что целимся) и SLA (что обещаем пользователю). Над ними парит error budget - разрешённая доля несовершенства, которая определяет скорость изменений. Всё это годами работало на кластерах и монолитах; в serverless и EDA (event-driven architecture) логика остаётся прежней, но приборная панель меняется. Хост-метрики отступают, на первый план выходят процессные SLI: доля успешных инвокаций, частота холодных стартов,

лаг очередей, сквозная задержка «событие → действие», доля сообщений, застрявших в DLQ. SLO формулируются языком клиента: «99,9% платёжных событий завершаются ≤ 2 с», «95% сообщений обрабатываются ≤ 30 с». Бюджет ошибок делит календарь на периоды осторожности и ускорения: исчерпали - останавливаем релизы, вкладываемся в устойчивость.

Где тонко рвётся? Во-первых, бессостояние и холодные старты: функции не держат контекст, разогрев в пике добавляет сотни миллисекунд, а иногда и секунды. Контекст и сессии вынесены во внешние хранилища, значит дизайн должен быть дисциплинированным: кэш-паттерны, бережное обращение с I/O, тюнинг памяти/таймаутов. Во-вторых, наблюдаемость: короткоживущие функции, управляемые прослойки (шины событий, шлюзы, очереди), сторонние API - и вот уже трасса рвётся, а логов мало. Без распределённой трассировки и корреляционных ID поиски первопричин превращаются в утомительную археологию. В-третьих, согласованность и «тихие провалы»: одно потерянное событие или агрессивный ретрай незаметно ломают бизнес-процесс. Здесь спасают идемпотентность, дедупликация, строгие схемы событий и трезвые политики таймаутов/ретраев (с экспоненциальным бэк-оффом и джиттером). И, да, вендор-локин: шустро строим на API Gateway/DynamoDB/EventBridge - сложнее переносим и стандартизируем метрики, алёрты и SLO между облаками.

Лекарства известны, но их нужно дозировать правильно. Переопределяем SLI/SLO: фиксируем локальные индикаторы на уровне функций и очередей (throttling, cold-start rate, возраст сообщений) и сквозные - на уровне бизнес-сценария. Выстраиваем наблюдаемость вокруг distributed tracing: переносим trace/correlation-ID через HTTP, очереди и объектные триггеры; логи - только структурированные (JSON) и «обогащённые» (окружение, ключ заказа, пользователь). OpenTelemetry становится общим абстрактным слоем; для managed-миру годятся X-Ray/Cloud Trace, а поверх - дашборды Grafana/Datadog/Splunk. На бурном трафике выручают детекторы аномалий: они ловят рост доли ретраев по типу события, медленный всплывающий лаг, хронические холодные старты. Алёрты должны быть контекстными и трендовыми, без «пищалок-одинок».

Следующий блок - политики-как-код. С помощью OPA/Sentinel правила таймаутов, ретраев, лимитов конкурентности, отбраковки в DLQ и стоп-гейтов живут не в вики, а в CI/CD и кластерах. Результат - предсказуемость поведения на всех средах. В мультиоблаке

нормализуем внешние SLA провайдеров во внутренние SLO, распределяем бюджеты ошибок с учётом критичности и прошлой надёжности сервисов, заранее описываем маршруты эскалаций «вверх/вниз по потоку». Для метрик - Prometheus + Thanos/Cortex, для трасс и логов - OpenTelemetry, поверх - единые панели и алёрт-политики: получаем цельную картину инцидентов, даже если компоненты разбросаны по разным облакам.

Дальше - автоматика и самовосстановление. Здесь хорошо работают событийные ранбуки: выросла глубина очереди - повышаем конкурентность; аномальный всплеск ошибок - автоматический канареечный откат; наполнился DLQ - запускаем реингест с экспоненциальной паузой. Серверлесс-функции дают миллисекундные реакции, а значит - меньше ручной рутины и быстрее время до восстановления. В поставке изменений включаем SLO-гейты, канареечные сравнения метрик и «хаос» на предпроеде; GitOps через Argo CD/Flux/Spinnaker возводит это в норму, а не в «героизм дежурного».

Чтобы не быть голословными, взглянем на финтех-кейс. Компания перевела платёжные потоки на AWS Lambda + EventBridge, хранит состояние в DynamoDB, журналы - в S3, опирается на внешние KYC/anti-fraud API. Красиво и гибко, но сначала появились «тихие» сбои в длинных цепочках, throttling, холодные старты в пике, а наблюдаемости не хватало. Команда перестроила SLI/SLO в бизнес-терминах (сквозная задержка, доля DLQ, частота холодных стартов), включила AWS X-Ray во все функции, унифицировала логи и ввела policy-based управление лимитами/ретраями; для упрямых инцидентов - Step Functions и специализированные DLQ-процессоры. Итог - аптайм в пиковые часы вырос примерно на 30%, MTTR сократился более чем на 60%, соблюдение SLA дошло до 99,96% за три месяца; релизы пошли быстрее благодаря автоматическим проверкам надёжности до и после выката.

Наконец, применимость для корпоративных ИС. Особенно выиграют домены с высокими требованиями к масштабируемости и комплаенсу: финансы, страхование, ритейл, телемедицина. Практическая траектория выглядит умеренно консервативно: начинаем с «некритичных» функций и DLQ-контуров, сразу внедряем единый формат логов и трасс-ID, описываем процессные SLO («подтверждение платежа», «время уведомления»), затем переносим регламенты в код, подключаем SLO-гейты и автоматические проверки в CI/CD. Ограничения тоже прозрачно озвучены: асинхронность = риск

рассинхрона, холодные старты и лимиты портят UX, наблюдаемость через внешние API имеет «слепые зоны», телеметрия и хаос-эксперименты стоят денег и требуют зрелой SRE-культуры (postmortem без поиска виноватых).

Serverless и событийная архитектура дарят скорость, экономию и эластичность, но только при условии, что надёжность встроена в проектирование и конвейер поставки. Рабочий набор выглядит так: переосмысленные SLI/SLO на уровне бизнес-процессов, тотальная трассировка через все звенья, политики-как-код и событийные ранбуки, плюс регулярный хаос-инжиниринг. Финтех-пример показывает, что это не теория: сочетание наблюдаемости, политик и автоматики ощутимо снижает MTTD/MTTR и стабилизирует SLA.

Дальше - шаг к AIOps: предиктивные алёрты, ML-подстройка масштабирования и порогов, разумное «авансирование» бюджета ошибок перед ожидаемыми всплесками. Если коротко, стратегия проста: начинаем со сквозных бизнес-SLO, вводим trace-ID и общий формат логов, добавляем надёжностные гейты в CI/CD и переносим регламенты в код.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аллакин В. В., Будко Н. П., Васильев Н. В. «Общий подход к построению перспективных систем мониторинга распределенных информационно-телекоммуникационных сетей» [Электронный ресурс]. URL: <https://sccs.intelgr.com> (дата обращения: 27.09.2025).

2. Карпович М. Н. «Особенности проектирования микросервисно-событийных архитектур для высоконагруженных распределенных систем обработки информации» [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 27.09.2025).

3. «Событийно-ориентированная архитектура: что это и зачем использовать» // *KursHub* [Электронный ресурс]. URL: <https://kurshub.ru> (дата обращения: 28.09.2025).

4. Коршак К.С. CI/CD и мониторинг: автоматизация цифровых экосистем / Коршак К.С., Худяков М.В. // В сб.: Международная научно-техническая конференция молодых учёных БГТУ им. В.Г. Шухова: Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. — Ч. 13. — С. 418–423.

5. Как событийно-ориентированная архитектура решает проблемы современных веб-приложений // *Habr* [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com> (дата обращения: 28.09.2025).

Ашихмин Э.А., Бабакин Е.Ю.

Научный руководитель: Анциферов С.И., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ВАЛКОВЫХ ДРОБИЛОК

Машины, которые применяют для измельчения материалов разделяют на две группы: дробилки и мельницы.

Дробилки - это машины, применяемые для дробления крупного материала, у которого размер 100-1200 мм. Степень измельчения дробилок зависит от физических свойств измельчаемого материала [1].

Валковые дробилки (Рис. 1) получили широкое распространение в разных отраслях, таких как горная промышленность, производство строительных материалов.

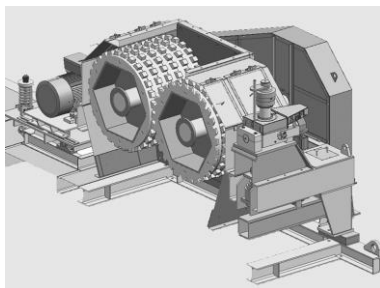


Рис. 1 Валковая дробилка

В состав валковой дробилки входит:

1. Корпус;
2. рабочие валы;
3. подшипники;
4. прокладки;
5. пружины;
6. загрузочная зона.

Принцип работы заключается в том, что материал подается в загрузочную зону, дробится в рабочей зоне между валками и удаляется сквозь разгрузочные отверстия (Рис. 2).

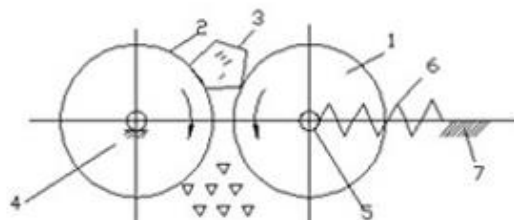


Рис. 2 Принцип работы валковой дробилки

Классификация валковых дробилок:

1. По количеству рабочих валков:

2. одновалковые машины;

3. двухвалковые;

4. трехвалковые и более;

По транспортировочной возможности:

1. мобильные (передвижные);

2. стационарные;

По рельефности рабочих органов:

1. дробильные агрегаты с гладкой поверхностью рабочих органов;

2. дробильные системы с рельефными валками;

3. дробилки с зубчатыми рабочими валками [2].

Одновалковые (Рис. 3) и двухвалковые дробилки применяются для крупного измельчения материала. Трехвалковые дробилки используются для среднего и мелкого дробления.

Наиболее распространены дробилки, у которых валки жестко закреплены на приводных валах [3]. Подшипниковые узлы валов подпружинены для обеспечения постоянного усилия дробления. Для регулировки зазора между валками осуществляется с помощью прокладок.

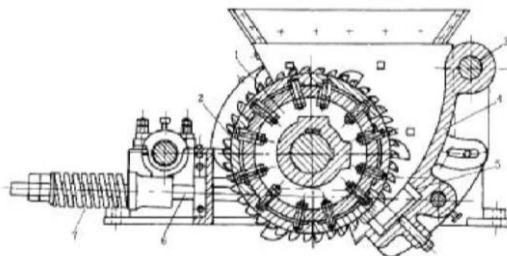


Рис. 3 Схема одновалковой дробилки

Для повышения коэффициента дробления, а также уменьшения занимаемой устройством площади разрабатываются четырехвалковые дробилки. Она состоит из двух перерывающихся валковых дробилок. Четырехвалковая дробилка используется для дробления известняка, мела, шлака и т.п. На рис. 4 представлена конструкция четырехвалковой дробилки, состоящей из двух двухвалковых дробилок с одинаковыми техническими характеристиками, которые перекрываются друг с другом. Материал поступает в машину через загрузочное отверстие 1, где он измельчается валками 7 и выгружается снизу. Один подшипник закреплен, а другой подшипник прижимается к шайбам с помощью пружины 6, выступающей в роли дробилки. Электродвигатель 10 приводит в движение валы через редуктор 9 и муфту 8. После измельчения материала верхними и нижними валками он выгружается из машины снизу [4].

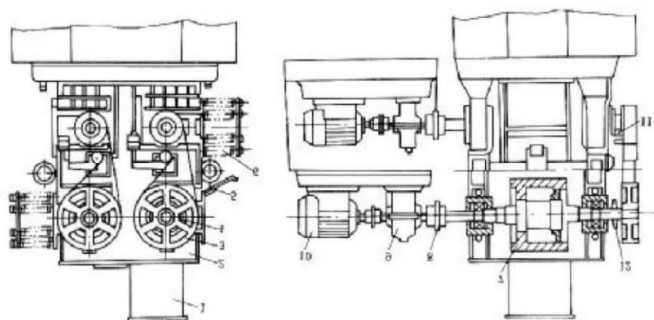


Рис. 4. Схема четырехвалковой дробилки

Стационарные валковые дробилки устанавливаются на стационарном рабочем месте и подключаются к электросети предприятий. Такие дробилки используются для на горнорудных производствах, там, где требуется высокое качество выходного продукта.

Мобильные дробилки обеспечивают удобное перемещение по рабочему объекту на предприятии, за счет того, что они устанавливаются на гусеничной платформе.

Достоинства валковой дробилки:

1. Высокая производительность;
2. Эффективное измельчение;
3. Простота обслуживания и конструкции;
4. Низкий уровень шума.

Недостатки валовой дробилки:

1. Ограничение по твердости материала;
2. Быстрый износ валков;
3. Налипание на валки влажного сырья. [5]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Изучение и анализ сведений о конструкциях машин для измельчения и процессов, происходящих в них: сайт. - URL: <http://samzan.net> (дата обращения: 26.03.2020)
2. Общее о валковых дробилках: сайт. - URL: <http://www.mpold.ru> (дата обращения: 19.03.2019)
3. Общее о валковых дробилках: сайт. - URL: <http://www.mpold.ru> (дата обращения: 19.03.2019)
4. Принцип работы и конструкция двойной валковой дробилки: сайт. - URL: <https://ru>. (дата обращения: 20.06.2023)
5. Н. П. Несмеянов, В. С. Богданов, П. С. Горшков, Ю. В. Бражник. Механическое оборудование общего назначения предприятий строительных материалов и изделий / Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. – 103 с. : ил., табл..

УДК 621.577:621.1

Байда Б.Ю., Гатицкий Д.В., Нетычук А.В.

Научный руководитель: Карнаух В.В., д-р техн. наук, проф.

Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, г. Донецк, Россия

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ХЛАДАГЕНТА В ТЕПЛОВЫХ НАСОСАХ ДЛЯ СУШКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Глобальное потепление и рост цен на энергоносители обуславливают необходимость внедрения технологий с низким углеродным следом [1]. Направление энергетики, связанное с рациональным использованием тепловых отходов, в последние десятилетия достаточно интенсивно развивается [2]. В пищевой промышленности процессы сушки потребляют до 20 % общего энергопотребления, при этом традиционные сушилки характеризуются низким КПД и значительными выбросами парниковых газов. Тепловые насосы позволяют использовать низкопотенциальную теплоту окружающей среды, обеспечивая стабильный температурный режим сушки (40–60 °С) и снижая удельные энергозатраты [3].

Согласно современным исследованиям, коэффициент производительности (COP) сушильных установок с тепловым насосом достигает 3,5–4,5, что существенно превосходит показатели традиционных методов сушки. В то же время, для реализации экологических преимуществ необходимо уделять особое внимание выбору рабочего вещества [4].

Настоящая работа направлена на изучение вопроса повышения эффективности сушильных установок с тепловыми насосами за счёт оптимального выбора хладагента и схемы цикла.

Поскольку электроэнергия в Донецком регионе в основном производится на угольных ТЭС, доля косвенных выбросов значительно превышает прямые. Следовательно, ключевым фактором снижения климатического воздействия является повышение энергоэффективности оборудования и выбор хладагента с низким GWP (Global Warming Potential).

Эмиссии парниковых газов от работы теплового насоса при сушке обусловлены как прямыми выбросами (утечки хладагента в атмосферу), так и косвенными выбросами, связанными с потреблением электроэнергии для привода компрессора. В условиях Донецкой Народной Республики ключевыми факторами снижения климатического воздействия сушильной установки являются повышение её энергоэффективности и выбор хладагента с минимальным значением GWP. С целью повышения эффективности были рассмотрены три конфигурации цикла теплового насоса: базовая, с переохладителем (BTO) и с дополнительным впрыском паров хладагента (EVI – Enhanced Vapor Injection).

Для каждой схемы проводилась оптимизация параметров работы по целевой функции максимизации коэффициента производительности COP:

$$\max \text{COP}(x) \quad \text{при} \quad g(x) \geq 0, \quad x_{\min} \leq x \leq x_{\max}, \quad (1)$$

где x – вектор переменных (давление испарения и конденсации, степень перегрева и переохлаждения хладагента). Расчёты выполнены для тепловой нагрузки 10 кВт при температуре окружающего воздуха 20 °С и температуре сушки 50 °С. Теплофизические свойства рассматриваемых хладагентов определялись с использованием базы данных REFPROP.

Для оценки энергоэффективности использован коэффициент преобразования (COP), определяемый как отношение тепловой

мощности, подведённой к нагревателю сушилки, к потребляемой мощности компрессора:

$$\text{COP} = Q_h / W \quad (2)$$

В качестве интегрального показателя эффективности установки рассчитан сезонный коэффициент энергоэффективности (SCOP):

$$\text{SCOP} = \Sigma (Q_c \cdot \omega) / \Sigma (Q_c / \text{COP} \cdot \omega) \quad (3)$$

где Q_c – теплота сушки за интервал, ω – доля продолжительности сезона.

Для каждой схемы теплового насоса и каждого хладагента определялся SCOP при характерном годовом профиле работы сушилки.

Кроме энергетических характеристик, проведена сравнительная оценка экологической эффективности использования различных хладагентов. Для этого рассчитаны следующие критерии жизненного цикла: TEWI (Total Equivalent Warming Impact) – совокупный парниковый потенциал установки за срок службы, учитывающий прямые и косвенные выбросы:

$$\text{TEWI} = \text{GWP} \cdot m \cdot (L_{\text{ап}} n + \text{EOL}) + (W_{\text{эл}} \cdot \text{EF} \cdot n) \quad (4)$$

где m – масса хладагента, $L_{\text{ап}}$ – годовая утечка, EOL – доля утечки при утилизации оборудования, $W_{\text{эл}}$ – ежегодное потребление электроэнергии, EF – удельный выброс CO_2 при производстве электроэнергии.

LCCP (Life Cycle Climate Performance) расширяет показатель TEWI за счёт учёта выбросов при производстве материалов и утилизации оборудования:

$$\text{LCCP} = \text{LCCP}_p + \text{LCCP}_k \quad (5)$$

где LCCP_p – прямые, LCCP_k – косвенные выбросы.

LCA (Life Cycle Assessment) оценивает совокупное воздействие на основе нормированных индикаторов с учётом различных категорий вредного влияния. Для интегральной оценки использована аддитивная свёртка нормированных показателей по ключевым категориям:

$$\text{LCA} = \Sigma (\omega_i \cdot I_i / I_{\text{max},i}) \quad (6)$$

где ω_i — весовой коэффициент категории воздействия (GWP – 40 %, ODP – 30 %, кислотность и фотоокислительный потенциал – по 15 %).

Для анализа выбраны десять холодильных агентов, среди которых: хладагенты с высокими GWP, традиционно применявшиеся в тепловых насосах; перспективные низко-GWP хладагенты – природные (пропан R290, изобутан в составе смеси R436A) и синтезированные HFO (R1234yf); а также промежуточные варианты (смеси R407C, R436A).

По результатам расчётов для каждой конфигурации цикла получены значения энергоэффективности и экологических показателей (рисунок 1, рисунок 2).

Сезонный коэффициент энергоэффективности SCOP колеблется в диапазоне 3,5–4,0 для всех исследованных хладагентов. Максимальное значение SCOP = 4,04 достигнуто при использовании смеси R436A (изобутан/н-бутан) в схеме с внутренним теплообменником (BTO).

Наименьший SCOP ($\approx 3,5$) отмечен для хладагента R22 в базовой схеме, что объясняется высоким значением ODP и связанными ограничениями на давление конденсации. Для всех низко-GWP хладагентов (R290, R436A, R1234yf и др.) удаётся достичь SCOP не ниже 3,7–3,9, что подтверждает возможность обеспечения высокоэффективного процесса сушки при условии грамотного выбора рабочего тела. По показателю TEWI и расширенному критерию LCCP различия между хладагентами оказались незначительными.

Во всех рассмотренных вариантах косвенные выбросы CO₂ (составляют до 95–99 % суммарного эквивалентного воздействия).

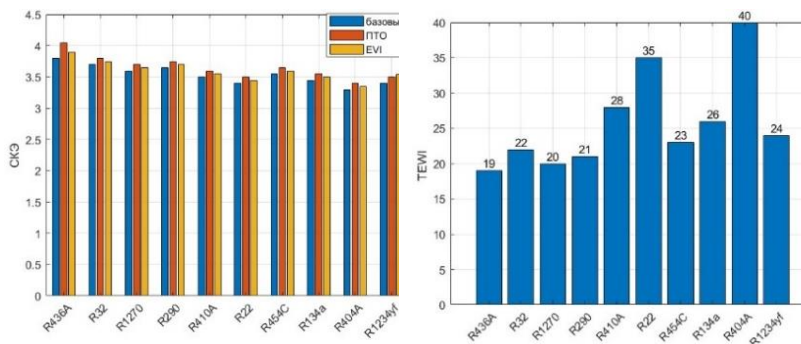


Рис. 1. Зависимость сезонного коэффициента эффективности (SCOP) и совокупного парникового потенциала установки (TEWI) от хладагента

Для тепловых насосов при текущих ограничениях ($GWP < 150$, $ODP = 0$) простое сравнение SCOP является достаточным критерием при выборе хладагента, поскольку рейтинги вариантов по TEWI и LCCP почти полностью совпадают со сравнением по энергоэффективности.

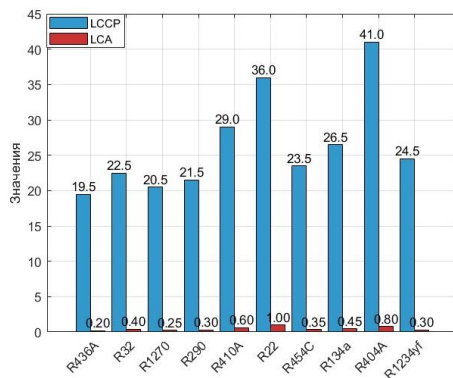


Рис. 2. Зависимость LCCP и LCA от хладагента

Различия наблюдаются по интегральному показателю LCA. Наличие ненулевого ODP у ряда хладагентов (R22) приводит к скачкообразному росту сводного индикатора LCA, поскольку озоноразрушающий потенциал имеет крупный весовой коэффициент (30 %). Для всех же хладагентов с $ODP = 0$ итоговые значения LCA близки между собой, несмотря на различия в GWP. Таким образом, многоступенчатые критерии оценки жизненного цикла целесообразно применять преимущественно для веществ, обладающих специфическими видами воздействия (например, содержащих хлор и разрушающих озон) или при детальном анализе на стадиях производства и утилизации оборудования [5].

Углеводородная смесь R436A обеспечила наилучшее сочетание энергоэффективности и экологичности: высокий SCOP, нулевые ODP/GWP, отсутствие токсичности и низкая стоимость. Этот хладагент рекомендован к применению в сушильных тепловых насосах малой и средней мощности, хотя требуется учитывать его повышенную пожароопасность. R290 и HFO-1234yf показали средние результаты по энергоэффективности ($SCOP \sim 3,8$), уступая R436A.

Проведённый сравнительный анализ показал, что при текущих экологических стандартах энергетический критерий SCOP может служить достаточным инструментом для практического выбора

хладагента для сушильного теплового насоса. В условиях энергетического профиля ДНР, где косвенные выбросы CO₂ доминируют, использование хладагентов с ODP = 0 и GWP < 150 обеспечивает практически одинаковый уровень парникового воздействия.

Многоступенчатые критерии TEWI, LCCP и LCA рекомендуются к применению преимущественно при сравнении альтернатив с ненулевым озоноразрушающим потенциалом либо в рамках комплексного анализа полного жизненного цикла установки (для долгосрочного мониторинга больших промышленных систем [5]).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. UNEP. Refrigerants and the Environment. – United Nations Environment Programme, 2023.

2. Белобородов, С. С. Особенности применения тепловых насосов и электроотопления в системах централизованного теплоснабжения / С. С. Белобородов, Е. Г. Гашо, А. В. Ненашев // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2024. – № 2. – С. 101-109. – DOI 10.24160/1993-6982-2024-2-101-109. – EDN DGQTZI.

3. Байда Б. Ю., Карнаух В. В., Гатицкий Д. В. Повышение эффективности сушильных установок с тепловыми насосами при использовании внутренних теплообменников. – Наука. Технологии. Инновации (материалы конф. молодых ученых, г. Новосибирск), 2025, с. 347–351. – EDN UDEHTZ.

4. Карнаух В.В. и др. О применении критериев TEWI, LCCP и LCC для экологической оценки тепловых насосов. – Энергетические системы, 2023, № 3, с. 58–63. – DOI: 10.34031/es.2023.3.007; EDN BQFWFB.

5. Staubach J. et al. Environmental assessment of cascade heat pump systems. – Applied Thermal Engineering, 2021.

Барашков И.А.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ФАКТИЧЕСКОЙ ВОСТРЕБОВАННОСТИ НОВЫХ ТИПОВ КОНСТРУКЦИЙ РЕКУПЕРАТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Несмотря на активное развитие систем передачи, преобразования, аккумуляции и потребления электрической энергии как на промышленном, так и на бытовом уровне, лишь незначительное число технологий электрогенерации можно охарактеризовать как условно независимые от традиционных источников энергии, неразрывно связанных с технологическим процессом рекуперации теплоты. По актуальным статистическим данным, около 77% от электроэнергии, вырабатываемой по всему миру, приходится на тепловые электростанции, включая атомные, и лишь около 1% вырабатывается посредством альтернативных источников энергии, причем, ветрогенерация и фотовольтаика составляют лишь часть от этой цифры, несмотря на высокий КПД и практически полное отсутствие энергетических потерь [1, 2]. Таким образом, ввиду абсолютного перевеса традиционной тепловой энергетики на современном энергетическом рынке, особое внимание должно уделяться освещению, обсуждению и решению широко известных и распространённых проблем, ей присущих. В частности, по-прежнему актуальной является проблема совершенствования теплообменного оборудования, а также разработка новых, более совершенных, как в плане тепловой эффективности, так и в плане простоты эксплуатации, типов конструкций теплообменного оборудования.

В настоящее время существует три основные типа конструкции рекуперативных теплообменников: трубчатые, блочные и аппараты с плоской поверхностью. Широко известно, что наибольшим коэффициентом компактности при равной площади поверхности теплообмена, а соответственно и большим коэффициентом теплопередачи характеризуются именно пластинчатые теплообменники [3, 4], тем не менее, существует потенциал повышения их эффективности, вызванный наличием ряда конструктивных особенностей.

Пластинчатые теплообменники представляют собой сборку из двух упорных пластин, стянутых между собой на шпильках, между которыми, поочередно зажаты штампованные пластины и направляющие поток полимерные прокладки, пронизанные подающими и отводящими патрубками. Так-как герметичность сборки обеспечивается прилеганием прокладок к пластинам, у аппарата отсутствует жесткий корпус, что с одной стороны позволяет обеспечить удобство сборки, технического обслуживания, а также возможность регулировки площади поверхности теплообмена, а с другой – не позволяет использовать полноценный стандартный теплоизолирующий кожух, что приводит к существенным эксергетическим потерям [5].

Кроме того, потери эксергии вызваны наличием тупиковых полостей, необходимых для организации схемы движения сред, а также для унификации и удешевления производства (Рис. 1, 2).

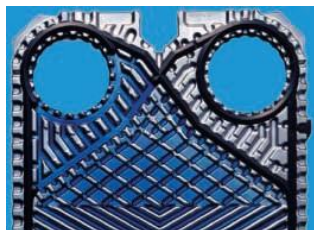


Рис. 1 Пластина с прокладкой теплообменника компании «Alfa Laval» [6].

Для обеспечения жесткости конструкции и предотвращения деформации с последующим нарушением герметичности аппарата, крепежные элементы также монтируются сквозным монтажом, что снижает потенциальную площадь поверхности теплообмена. Наглядно это представлено в работе [7] (Рис. 2).

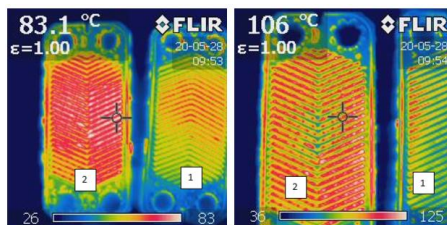


Рис. 2 Термограммы пластинчатых теплообменников [7].
Типы углублений: 1 – классические, 2 – сферические

В связи с чем, существенная часть объёма теплообменника (5-10%, в зависимости от конкретного образца) используется с меньшей эффективностью, что, в свою очередь, открывает потенциал для совершенствования. За последнее время представлено множество различных альтернативных типов конструкций теплообменников, лишенных обозначенных недостатков.

В частности, обозначенных недостатков лишен микроканальный щелевой теплообменник, представляющий из себя двусторонне оребренную трубу, изготовленную методом деформационного резания, заключенную в кожух. Причем, схема движения теплоносителя, организованная с помощью вспомогательных труб с торцевыми проточками, вне зависимости от порядка подключения подающих и обратных патрубков, представляет собой противоток [8]. Несмотря на высокий коэффициент компактности, теплообменник не лишен недостатков, а именно, предполагаемым высоким потенциалом чувствительности к качеству подготовки циркулирующих сред. Щелевые каналы, глубиной в 3 мм и шириной в 0,5 мм, очевидно предрасположены к накоплению отложений, что может существенно сказываться на коэффициенте теплопередачи. Кроме того, трудной задачей может представиться реализация процесса очистки рекуперативной поверхности.

Боле существенным недостатком типа конструкции может выступить отсутствие фактической возможности изготовления аппарата. Например, шарообразные теплообменники, а в частности, аппарат с концентрическими сферическими поверхностями [9]. По задумке авторов предполагается концентрическое расположение замкнутых сферических поверхностей, зафиксированных между собой специальными, радиально проникающими подающими и отводящими устройствами. Несмотря на сравнительно высокие теплотехнические характеристики, недостатками конструкции выступают: высокая сложность реализации и, соответственно, обслуживания.

Аналогичные недостатки характерны для сегментированного шарообразного теплообменника [10]. Фактически, конструкция схожа с пластинчатым теплообменником. Принципиальные отличия заключаются в шахматном расположении перепускных каналов и наличии жесткого корпуса.

Цилиндрический секторный теплообменник, представляющий собой трубу, разделенную на сектора, последовательно соединенные перепускными патрубками, в отличии от обозначенных выше,

сравнительно прост в изготовлении и реализации, а также, в монтаже дополнительного теплоизоляционного слоя [11]. Проблема радиальной установки пластин может быть решена посредством выполнения продольных пазов в корпусе и изготовлении специальных полимерных прокладок, позволяющих зафиксировать центральную ось крепления пластин. Тем не менее, основным недостатком конструкции выступает низкий коэффициент компактности, а также низкий потенциал развития площади поверхности теплообмена.

Шнековый многоступенчатый теплообменник, представленный в работе [12], также характеризуется крайне низким коэффициентом компактности, и сравнительно большой и сложной наружной поверхностью аппарата, что, в случае применения теплоизоляции, лишь усугубляет первое.

Таким образом, представленные типы конструкций теплообменников не могут составить конкуренцию классическим пластинчатым теплообменникам, несмотря на обозначенные недостатки. Решением обозначенной проблемы может выступить разработка нового теплообменника, сочетающего в себе наличие жесткого корпуса, гофрированных или перфорированных пластин, устанавливаемых через полимерные прокладки. Важным, представляется исключение интеграции крепежных элементов в теплообменные поверхности, а также исключение или минимизация наличия глухих полостей, снижающих коэффициент полезного использования поверхности теплообмена. Также, существенный эффект может быть достигнут посредством совмещения различных схем движения теплоносителя (противонаправленный и перекрёстный ток) в рамках одного аппарата, или одного рекуперативного элемента, или их совокупности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Салибгареева, К.В. Мировое производство электроэнергии / К.В. Салибгареева // *European science*. – 2016. – № 12. – С. 22.
2. Нестеров, М.Н. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага / М.Н. Нестеров, П.А. Трубаев, М.Ю. Михайлова // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2013. – № 5. – С. 208-211.
3. Хабибулин А.В. Виды теплообменных устройств. Использование теплообменников в автономном энергоснабжении / А.В.

Хабибулин // Инновационная наука. – 2021. – № 1. – С. 36-37.

4. Губарев, А.В. Анализ способов интенсификации конвективного теплообмена в теплообменных аппаратах с трубчатыми теплообменными поверхностями / А.В. Губарев, С.А. Бычихин // Энергетические системы. – 2016. – № 1. – С. 325-327.

5. Столяренко, В.И. Исследование эффективности пластинчатого теплообменника / В.И. Столяренко, С.В. Жерносек, В.И. Олышанский, А.С. Марущак, В.Ю. Мовсесян // Материалы и технологии. – 2020. – № 1. – С. 33-38.

6. Теплообменники ALFA LAVAL [Сайт]: ООО «БорКотлоМаш», 2025. URL: <https://borkotlomash.ru> (дата обращения: 22.10.2025). – Режим доступа: свободный.

7. Кущев, Л.А. Тепловизионные исследования оригинальной пластины теплообменника / Л.А. Кущев, Н.Ю. Саввин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 1. – С. 38-45.

8. Зубков, Н.Н. Микроканальный щелевой теплообменник / Н.Н. Зубков, С.И. Каськов // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2014. – № 2. – С. 26-37.

9. Хван, В. С. Шарообразный теплообменник / В.С. Хван // Строительство и техногенная безопасность. – 2013. – № 45. – С. 137-140.

10. Хван, В. С. Теплообменник в виде шара / В.С. Хван // Строительство и техногенная безопасность. – 2014. – № 51. – С. 121-124.

11. Хван, В.С. Теплообменник / В.С. Хван, С.А. Пиронко // Строительство и техногенная безопасность. – 2016. – № 5. – С. 89-92.

12. Правник, Ю.И. Теплообменник шнековый трёхступенчатый / Ю.И. Правник, И.О. Манешев, Д.Н. Антропов, Р.А. Садыков, Р. Г. Рахимов, А.И. Фаизов // Известия КазГАСУ. – 2013. – № 2. – С. 185-192.

ФУТЕРОВКА, КАК РЕЗЕРВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОМОЛА В ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ

В строительной индустрии трубные шаровые мельницы играют ключевую роль в производстве цемента, где они измельчают клинкер, гипс и добавки для получения готового продукта. Это обеспечивает получение портландцемента, используемого в бетоне, при производстве сухих строительных смесей и других материалах. Современные мельницы оснащены автоматизированными системами управления, энергоэффективными приводами и футеровками для снижения износа. Они применяются на цементных заводах в основном для помола цемента, при производстве извести и гипса для сухих строительных смесей, переработки отходов (например, доменного шлака для добавок в бетон) и др.

В шаровых мельницах футеровка после шаров является одним из основных конструктивных элементов, от которого зависят эксплуатационные показатели измельчительного агрегата в целом. Существуют различные конструкции футеровок, у которых есть следующие общие свойства:

1) Защита корпуса мельницы от износа. Так как футеровка – это изнашиваемая часть, то разрабатывается она с учетом специфики производства в зависимости от способа помола и от свойств самого измельчаемого материала. Для этого они выполняются из различных износостойких материалов, таких как марганцовистые стали, полиметаллические материалы (резинометаллические футеровки), высокоглиноземистые (алюбитовые и уралитовые кирпичи и плитки) и др.

2) Футеровка как конструктивный элемент также служит для сообщения такой траектории движения мелющим телам, которая должна обеспечить максимальную эффективность процесса измельчения.

Очевидно, что в барабане, вращающемся при заданной угловой скорости, разнообразные типы движения загрузки могут быть реализованы посредством применения футеровочных элементов с

различными показателями сцепления с загрузкой. В первых камерах шаровой мельницы монтируются броневые плиты с повышенным коэффициентом сцепления, такие как ступенчатые, волнообразные или конические с каблучками, с целью обеспечения водопадного режима движения загрузки. В этом режиме доминирует ударное измельчение, сопровождаемое подъемом мелющих тел на увеличенный угол подъема. В последующих камерах мельницы устанавливаются бронеплиты с менее рельефной поверхностью, например, гладкие или гребенчатые с пониженной выраженностью профиля, для реализации каскадного режима движения мелющих элементов, где преобладает измельчение больше за счет истирания [4].

Другой, не менее важной функцией футеровки является возможность сортировки мелющих тел, но такая функция присуща не всем существующим разновидностям футеровок. Такую функцию выполняют, например, конусные футеровки. Конусные футеровочные плиты представляют собой кольца из усеченных конусов (Рис. 1):

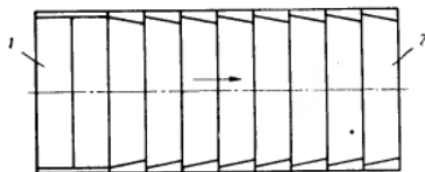


Рис 1. Барабан мельницы с конусными футеровочными плитами:
1 – сторона загрузки; 2 – сторона разгрузки.

За счет конической футеровки происходит продольная сегрегация шаров, т.е. на большем диаметре футеровки располагаются шары большего диаметра и, соответственно, наоборот, на меньшем диаметре располагаются шары меньшего диаметра. Таким образом, более крупные шары отделяются конусной футеровкой в сторону загрузочной части. При этом происходит более интенсивный характер движения шаров, за счет чередования колец.

Другим представителем самосортирующих футеровок является спиральная футеровка. Эта футеровка характеризуется наличием углублений и возвышений, ориентированных по винтовой траектории. Данная конфигурация футеровки (Рис.2) обеспечивает требуемую классификацию дробящих тел вдоль оси барабана. Ориентация спиральной структуры подбирается таким образом, чтобы мелющие тела перемещались в направлении разгрузочного конца мельницы. Вследствие поперечной сегрегации в контакте с внутренней

поверхностью футеровки находятся в основном мелкие шары, которые под действием спиралей транспортируются к разгрузочному концу, где происходит их группирование, что способствует оптимизации процесса дробления.

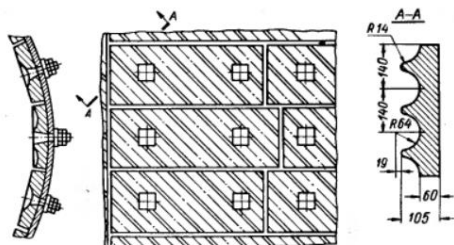


Рис. 2. Спиральная футеровка.

Общим ограничением как конических, так и спиральных футеровочных систем считается снижение производительности мелющих элементов в зоне выгрузки барабана, обусловленное идентичностью профиля футеровки на загрузочном и разгрузочном участках. В связи с этим, шароматериальная смесь работает в одинаковом режиме по всей длине барабана. Общими отрицательными сторонами также является сложность и трудоемкость изготовления и монтажа [3].

НИИ Цементом на основе экспериментальных исследований разработана футеровка БРОПЭКС, обеспечивающая переменный коэффициент сцепления между шароматериальной загрузкой и бронефутеровкой. По длине окружности укладываются металлические брусья длиной от 3 до 6 м с типами поперечных сечений 1Ц, 2Ц и 3Ц, также применяется профиль в форме рельса с разными схемами укладки (Рис.3). Такая футеровка позволяет подбирать путем комбинирования нужный профиль в зависимости от свойств материала и необходимого режима движения загрузки, что несомненно является ее преимуществом. К недостаткам можно отнести сложность монтирования и замены профилей, а также использование для изготовления футеровки БРОПЭКС рельсовых сталей марок М75 и М76, которые менее износостойкие по сравнению с традиционно применяемыми (марганцовистые стали).

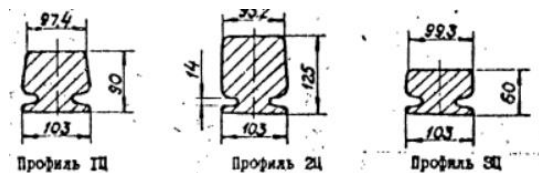


Рис. 3. Поперечные сечения футеровочных профилей БРОПЭКС.

В зависимости от свойств измельчаемого материала подбирается необходимый тип футеровочных плит. Поперечное сечение футеровочного покрытия в значительной мере определяется режимом эксплуатации мельницы, гранулометрическим составом измельчаемого сырья и размерами мелющих элементов. На рисунке 4 приведены наиболее распространенные типы футеровочных плит.

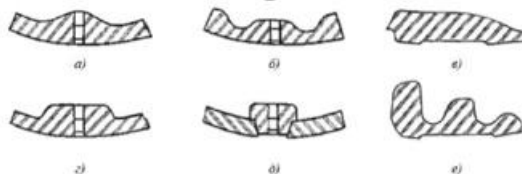


Рис. 4. Типы профилей футеровочных плит шаровых мельниц:
а – одноволновой; б – двухволновой; в – каскадный; г – блочный;
д – с подъемной планкой; е – унифицированный

Вне зависимости от конкретного типа перечисленных бронеплит, внутренняя поверхность футеровки в поперечном сечении имеет форму близкую к кругу, что приводит к следующим характерным недостаткам:

- Влияние футеровки ограничивается исключительно периферийными слоями материала, а энергия привода передается внутренним слоям лишь посредством внутреннего трения в загрузке;

- Возникновение так называемых застойных зон в середине шаровой загрузки.

- Значительный износ рельефных поверхностей бронеплит (например, ступенчатых, гребенчатых и подобных) и, как следствие, снижение сцепления материала с бронефутеровкой.

Указанные недостатки традиционных видов футеровок стимулировали поиск альтернативных подходов и достижение перспективных результатов. Особенно привлекательным и нестандартным решением является применение футеровок, создающих в поперечном сечении барабана квадратную форму, первоначально предложенных Мартином Эгнером. Футеровка Эгнера, образующая в

поперечном сечении квадрат со скругленными углами, впервые запатентованные в 1990-х годах, характеризуются профилем, который способствует улучшению распределения шаров и повышению эффективности процесса измельчения (Рис. 5а).

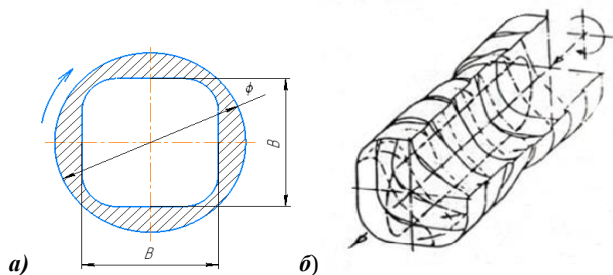


Рис. 5: а) Схематичное изображение футеровки Эгнера.
б) Схема движения мелющих тел во внутреннем пространстве барабана с угловой спиральной футеровкой

Для снижения частоты ударных воздействий в мельнице и обеспечения направленного перемещения загрузки вдоль продольной оси, отдельные кольца футеровки смещаются относительно друг друга на заданный угол, что формирует 4-ходовую спираль. [6]. При этом возникает продольная циркуляция шаровой загрузки, которая, по данным автора, приводит к следующим эффектам: шары в периферийной зоне перемещаются в направлении спирали, тогда как те, которые вытесняются на поверхность загрузки, движутся в противоположном направлении (Рис. 5б).

Эгнер также выявил наличие классификации мелющих тел в мельнице с угловой спиральной футеровкой. Промышленные испытания такой футеровки, осуществленные в ФРГ, продемонстрировали ряд преимуществ по сравнению с традиционными футеровками [6]. Энергозатраты снижаются на 10–15%, наблюдается повышение степени дисперсности измельчения и производительности мельницы при переработке цементного клинкера — согласно различным оценкам до 10%. Однако у такой футеровки есть некоторые недостатки, такие как неполное использование внутреннего пространства за счет геометрии, сложность в изготовлении самой футеровки, а также преимущественно ударное воздействие шаровой загрузки по всей длине барабана.

Применение футеровок квадратным сечением внутренней поверхности требует дальнейшее ее изучение для определения

оптимального количества граней и других конструктивных параметров, влияющих на процесс измельчения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданов В.С., Донцова Ю.А., Богданов Н.Е. Механика мелющих тел в шаровых мельницах с продольным и поперечным движением мелющих тел // ЗКД. 2019. № 6. С. 15-24.
2. Дуда В. Цемент / Пер. с нем. Е.Ш. Фельдмана; под ред. Б.Э. Юдовича. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
3. John A. Smith, Emily R. Johnson, and Robert L. Davis. Effects of Mill Cross-Sectional Geometry on Grinding Efficiency: A Case Study of Eigner Liners. Журнал: Journal of Minerals Engineering. 2020г. Выпуск: Vol. 152, Article 106378
4. Крюков Д.К. Футеровки шаровых мельниц. – М.: «Машиностроение», 1965, - 221 с.
5. Maria V. Petrova, Alexei N. Kuznetsov Computational Analysis of Particle Behavior in Polygonal Mills with Eigner Liners Журнал: International Journal of Mineral Processing Том 175. 2018, стр.45-58
6. Несмеянов Н.П., Картыгин А.В., Денисова Е.М., Зайцев М.С., Каторгин И.С. Сравнительная оценка эффективности использования основных типов бронеплит // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие комплексы и оборудование для производства строительных материалов». – Белгород: изд-во БГТУ. Вып. XVIII. - 2019. с. 266-268.

УДК 633.18

Баринов Р.А., Ручий А.Ю., Пушкарская Д.В.

Научный руководитель: Черкашина Н.И., д-р техн. наук., доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

На данный момент рис является одним из самых важных и значимых источников пищи. Это универсальное зерно занимает третье место в глобальном сельскохозяйственном производстве по объему, уступая сахарному тростнику и кукурузе. Анализ мирового

потребления данного злака установил, что ежегодно человечество использует в пищевой промышленности 500-520 млн тонн риса [1, 2]. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций, более половины населения мира ежедневно употребляет рис, который обеспечивает примерно 20 % всех мировых калорий [3].

Основным отходом при переработке этой зерновой культуры безусловно является рисовая шелуха. Так как объём такой пищевой продукции огромен, следует сделать вывод, что существуют экологические и экономические проблемы утилизации данных отходов [4]. Однако в последние годы внимание к этому материалу значительно возросло благодаря потенциалу его переработки в полезные продукты: от биотоплива и органических удобрений до сырья для производства силикатных материалов и композитов. Так с января 2025 года в Российской Федерации реализуется национальный проект «Экологическое благополучие», в котором предусматривается вовлечение не менее 50% отходов сельского хозяйства во вторичный оборот [5], что подчёркивает заинтересованность и значимость проблемы на государственном уровне.

Для того, чтобы реализовать рисовую шелуху как полезный продукт, важно понимать её фазовый и элементный составы, что также является ключевым этапом в разработке эффективных технологий её использования.

Поэтому целью данного исследования является обоснование перспективности использования рисовой шелухи как сырьевого ресурса для получения целлюлозы, аморфного диоксида кремния и лигнина — материалов, широко применяемых в химической, целлюлозно-бумажной и биокompозитной промышленности [6].

Анализ фазового состава исходных и синтезированных материалов проводился с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра серии ARL 9900 Work Station.

Морфологические характеристики сырья изучались методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) при помощи микроскопа Tescan MIRA 3 LMU в центре высоких технологий Белгородского государственного технического университета имени В. Г. Шухова.

На рисунке 1 демонстрируются итоги исследования рисовой шелухи с помощью рентгенофазового анализа. Изучение полученного спектра позволило определить наличие различных фаз в составе шелухи: отражения с длиной волны 4,044 Å и 2,498 Å указывают на присутствие кристобалита (карточка PDF-2: 76-936 Cristobalite low);

углерод распознается по отражениям 3,340 Å и 1,988 Å (PDF-2, номер карты 26-1080 Carbon); а отражения 2,553 Å и 1,601 Å свидетельствуют о наличии корунда (PDF-2, номер карты 71-1123 Corundum). Большую часть спектра занимают аморфные гидратные соединения диоксида кремния ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$), которые проявляются в виде широкого пика с максимумом около 22° .

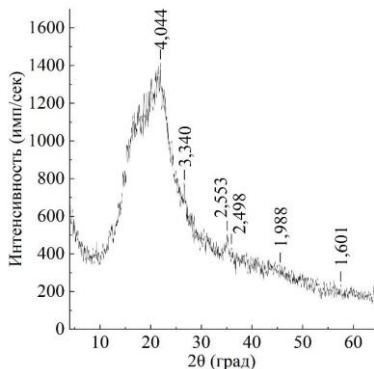


Рис. 1 Рентгенограмма рисовой шелухи

На рисунке 2 и таблице 1 представлены микроструктура и распределение элементов, а также усреднённый элементный состав рисовой шелухи соответственно.

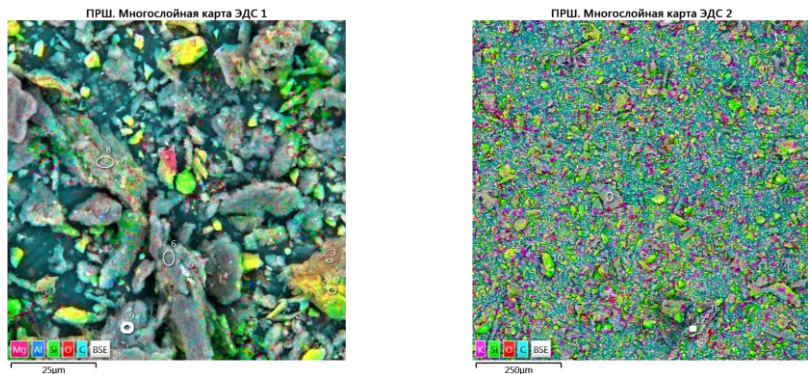


Рис. 2. Многослойная карта ЭДС рисовой шелухи

Таблица 1. Усреднённый элементный состав рисовой шелухи в пересчёте к 100 %, вес. %

C	O	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zr
45,62	38,52	0,70	0,18	13,71	0,05	0,03	0,10	0,70	0,05	0,04	0,17	0,03	0,10

Анализ данных показывает, что рисовая шелуха содержит в основном углерод, кислород и кремний, с небольшим количеством магния и калия. В дополнение к этому, в составе рисовой шелухи можно найти алюминий, фосфор, серу, хлор, кальций, титан, марганец, железо и цирконий в виде примесей.

Исследовательская работа, направленная на изучение состава рисовой шелухи через методы рентгенофазового анализа и энергодисперсионной спектроскопии, подтвердила её потенциал в качестве ценного сырья. Анализ выявил присутствие в шелухе аморфного диоксида кремния, а также показал однородное распределение кремния среди органических структур, таких как целлюлоза и лигнин. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что рисовая шелуха является полезным и доступным источником возобновляемого сырья, которое способно служить основой для разработки технологий разделенного извлечения аморфного диоксида кремния, а также целлюлозы [7] и лигнина с высокой экологической и экономической эффективностью. Реализация таких технологий позволит перейти к полному безотходному производству и создать конкурентоспособные продукты с повышенной добавленной стоимостью, что обеспечит их привлекательность на рынке.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России № FZWN-2024-0001 с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барсукова Г.Н., Говердовская М.Д. / Анализ отечественного и зарубежного опыта развития рисоводства // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2022. – № 4. – DOI 10.55186/02357801_2022_7_4_3. – EDN VYMMRPJ.
2. Середа М.В., Сысоева Н.В. / Анализ и прогноз мирового рынка риса // Мелиорация как драйвер модернизации АПК в условиях изменения климата: Материалы IV Международной научно-практической интернет-конференции, Новочеркасск, 24–26 апреля 2023 года. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2023. – С. 403-408. – EDN KXFSRK.

3. Аксенов И.А., Трунин Г.А., Фабриков М.С., Лисятников М.С., Прусов Е.С., Рощина С.И., Дубровин М.А. / Анализ мирового производства риса по статистическим данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций // Аграрная наука. – 2025. – № 1. – С. 154-166. – DOI 10.32634/0869-8155-2025-390-01-154-166. – EDN PHMRLC.

4. Арефьева О.Д., Сединкина Е.С., Земнухова Л.А., Смицких К.В. / Эколого-экономическая оценка комплексной схемы переработки рисовой шелухи // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2020. – № 6(214). – С. 91-98. – DOI 10.37102/08697698.2020.214.6.011. – EDN RLHLKT.

5. Молодкина Н.Р., Николаев Е.М., Бойцова А.Д., Гладышева М.С., Шанин В.А. / Оптимизация состава биокмполитов из рисовой шелухи по критериям прочности и биоразлагаемости // Международный научно-исследовательский журнал. — 2025. — №7 С -157. — DOI: 10.60797/IRJ.2025.157.48.

6. Черкашина Н.И., Павленко З.В., Домарев С.Н., Ручий А.Ю., Солгалов В.В. / Создание композиционного материала на основе растительных компонентов // Нанотехнологии в строительстве – 2024. – Т. 16, № 1. – С. 67-76.

7. Балтабай А.С., Таурбеков А.Т., Имаш А., Кайдар Б., Смагулова Г., Weon-Bae Ko, Мансуров З.А. / Экстракция целлюлозы из отходов рисовой шелухи // Горение и плазмохимия, 21(3). — 2023. — Т. 21, №3 — С. 181-189.

УДК 332.122

Басова Д.Н.

Научный руководитель: Саркисова Е.Б., ст. преп.

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, г. Москва, Россия*

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫМИ ДОМАМИ

Концепция цифрового двойника возникла из нужд промышленности — первоначально эта технология применялась для создания виртуальных копий производственных процессов и оборудования, что позволяло оптимизировать управление, проводить моделирование и прогнозировать состояние систем.

Со временем цифровые двойники нашли применение в аэрокосмической и автомобильной отраслях для мониторинга сложных объектов в реальном времени.

В строительстве и управлении недвижимостью эта технология начала активно внедряться в последние десятилетия, особенно с ростом возможностей информационного моделирования зданий (BIM) и развитием IoT-устройств, позволяющих получать актуальные данные с объектов.

Сегодня цифровые двойники используются для комплексного управления многоквартирными домами — от технического состояния и энергоэффективности до оценки безопасности и эксплуатации.

Цифровые двойники представляют собой виртуальные модели физических объектов, которые позволяют в реальном времени отслеживать их состояние и производительность.

Цифровой двойник представляет собой интеграцию данных из различных источников, таких как датчики, системы управления зданием и программное обеспечение для моделирования. Эти данные обрабатываются и визуализируются в виде 3D-моделей, что позволяет специалистам получать полное представление о состоянии объекта. Важно отметить, что цифровые двойники могут обновляться в реальном времени, что делает их особенно полезными для мониторинга.

Цифровые двойники строятся на основе нескольких ключевых технологий [1]:

Интернет вещей (IoT): датчики и устройства, установленные в здании, собирают данные о состоянии инженерных систем, климате, потреблении ресурсов, обеспечивая непрерывный сбор информации в режиме реального времени.

Искусственный интеллект (AI): анализирует большие объемы данных, выявляет закономерности и аномалии, помогает прогнозировать возможные неисправности и оптимизировать управление.

Большие данные (Big Data): технологии обработки и хранения множества информации, поступающей со зданий, позволяют делать выводы и принимать решения на основании комплексного анализа.

Облачные вычисления: предоставляют инфраструктуру для хранения данных и запуска аналитических алгоритмов без необходимости содержать локальные серверы, обеспечивая масштабируемость и доступность информации для всех участников эксплуатации.

Таким образом, интеграция этих технологий позволяет создавать живые, динамичные модели многоквартирных домов для эффективного мониторинга и управления.

Применение цифровых двойников в управлении многоквартирными домами

Цифровые двойники многоквартирных домов позволяют жильцам эффективнее управлять энергоресурсами и коммунальными услугами, повышают комфорт за счёт своевременного контроля параметров среды, обеспечивают быструю диагностику и ремонт неисправностей, а также укрепляют безопасность через интеграцию систем мониторинга и оповещения.

Жильцы могут через мобильные приложения и веб-интерфейсы взаимодействовать с цифровым двойником здания для получения информации о состоянии инженерных систем, подачи заявок на обслуживание, контроля доступа, участия в управлении системой безопасности и мониторинга энергопотребления, что соответствует требованиям эксплуатации и цифровизации зданий.

Примеры успешного применения:

В одном из российских многоквартирных комплексов цифровой двойник позволил снизить энергопотребление на 12% за счёт автоматической регулировки систем отопления и вентиляции на основе данных IoT-датчиков и AI-аналитики [2].

В жилом комплексе в Европе с цифровым двойником улучшилось управление техническим обслуживанием: плановые ремонты стали более эффективными, а внеплановые — минимизированы, что в итоге снизило расходы на обслуживание на 15% [3].

Основные преимущества и недостатки применения цифровых двойников для эксплуатации многоквартирных домов указаны в таблице.

Таблица – Преимущества и недостатки использования цифровых двойников

Преимущества	Недостатки
Повышение эффективности управления: цифровые двойники позволяют управлять многоквартирными домами более эффективно, обеспечивая доступ к актуальной информации о состоянии объектов.	Интеграция с существующими системами: многие жилые здания не оснащены цифровыми системами по умолчанию, что усложняет внедрение цифровых двойников и требует больших инвестиций и модернизации.

Снижение затрат: оптимизация работы инженерных систем и планирование технического обслуживания помогают сократить эксплуатационные расходы.	Сложность компетенций: успех цифровых двойников зависит от уровня подготовки специалистов по работе с информационными моделями, аналитике и системам управления
Улучшение безопасности: мониторинг состояния конструкций и систем позволяет своевременно выявлять потенциальные угрозы и предотвращать аварии.	Безопасность данных и конфиденциальность: при обработке больших объёмов информации о жилых помещениях и инженерных системах актуальны угрозы кибератак и утечки данных, что требует продуманной системы защиты
Устойчивое развитие: использование цифровых двойников способствует более рациональному использованию ресурсов и снижению негативного воздействия на окружающую среду.	Стандартизация и совместимость: отсутствие единых стандартов может привести к проблемам горизонтальной интеграции цифровых двойников различных производителей и платформ

Цифровые двойники становятся важным инструментом в управлении многоквартирными домами, обеспечивая более высокий уровень контроля и оптимизации процессов. Их применение позволяет не только повысить эффективность эксплуатации зданий, но и улучшить качество жизни жильцов.

В условиях стремительного развития технологий и растущих требований к управлению городской инфраструктурой, цифровые двойники представляют собой перспективное направление, способствующее созданию умных и устойчивых городов.

В будущем цифровые двойники станут неотъемлемой частью «умных» жилых комплексов, позволяя организовывать комплексное управление домами, включая автоматическое управление энергией, прогнозирование технических неисправностей с использованием машинного обучения и интеграцию с городскими инфраструктурами. Развитие технологий дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR) позволит создавать более наглядные и удобные интерфейсы взаимодействия с цифровыми моделями. Стандартизация и развитие отраслевых протоколов обмена данными улучшат совместимость и масштабируемость решений.

Акцент на устойчивое и «зелёное» строительство сделает цифровые двойники ключевым инструментом оценки и оптимизации экологических характеристик многоквартирных домов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Котляревская А. В., Клименко К. Е. Цифровой двойник здания как основа применения нанотехнологий в строительстве. – 2024.
2. Крестьянинова Д. Минус 12 % энергии и выбросов CO₂: Яндекс показал эффект умного дома в типовой «панельке» / Крестьянинова Д. [Электронный ресурс] // RB : [сайт]. — URL: <https://rb.ru> (дата обращения: 15.10.2025).
3. Топовые технологии в сфере коммерческой недвижимости в 2026 году [Электронный ресурс] // ВЭК СЕРВИС : [сайт]. — URL: <https://msk.vekservis.ru> (дата обращения: 15.10.2025)

УДК 339.138:004.04

Бобров Д.Е.

***Научный руководитель: Листровая Е.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАРКЕТИНГЕ: ТРАНСФОРМАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОТРЕБИТЕЛЕМ

Современный маркетинг переживает фундаментальную трансформацию, движущей силой которой выступают цифровые технологии. Если еще два десятилетия назад маркетинг был в значительной степени искусством убеждения через широкоэвangelические каналы, то сегодня он становится наукой о точном, измеримом и персонализированном взаимодействии. Цифровые технологии стерли границы между онлайн- и офлайн-миром, передали инициативу в руки потребителя и предоставили маркетологам беспрецедентный арсенал инструментов для анализа, прогнозирования и влияния. Как отмечает А. В. Смирнов, "внедрение искусственного интеллекта и анализа больших данных приводит к качественному повышению эффективности экономических систем, и маркетинг как их неотъемлемая часть не является исключением". Необходимы ключевые цифровые технологии в маркетинге и демонстрация их влияния на построение клиентоориентированного бизнеса.

1. Большие данные и искусственный интеллект: основа предиктивного и персонализированного маркетинга

Ядром цифровой трансформации маркетинга стали большие данные (Big Data). Ежедневно пользователи генерируют колоссальные объемы информации: история поисковых запросов, поведение на сайтах, активности в социальных сетях, геолокационные данные, история покупок. Согласно отчету компании Seagate, к 2025 году global datasphere достигнет 175 зеттабайт. Задача маркетолога - не просто собрать эти данные, а извлечь из них смысл.

Именно здесь на первый план выходит искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение. Алгоритмы ИИ способны в реальном времени анализировать массивы данных, выявляя скрытые закономерности и предсказывая будущее поведение потребителей. Это позволяет реализовать две ключевые стратегии:

Гиперперсонализация. Вместо рассылки единого сообщения для всей аудитории, бренды могут создавать уникальные предложения для каждого клиента. Яркий пример - рекомендательные системы Amazon и Netflix. По данным McKinsey, персонализированные рассылки могут увеличить доход от маркетинговых кампаний на 5-15% и повысить рентабельность инвестиций в маркетинг (ROI) на 10-30%. ИИ анализирует прошлые покупки, просмотры и даже время, проведенное на странице товара, чтобы предложить релевантный контент.

Предиктивная аналитика. Маркетинг из реактивного становится проактивным. Алгоритмы могут прогнозировать отток клиентов (churn rate), идентифицировать наиболее лояльных и потенциально прибыльных клиентов (Lifetime Value prediction), а также оптимизировать ценообразование в зависимости от спроса, поведения конкурентов и других факторов. "Цифровая трансформация бизнеса сегодня немыслима без использования предиктивных моделей, которые позволяют не просто реагировать на изменения рынка, а предвосхищать их" [1].

2. Маркетинговая автоматизация и CRM: повышение эффективности и качества клиентского пути

Автоматизация маркетинга стала ответом на необходимость управления сложными многоканальными коммуникациями с тысячами и миллионами клиентов. Платформы, такие как HubSpot, Marketo и Salesforce Marketing Cloud, позволяют выстраивать автоматизированные цепочки взаимодействия (customer journey), которые запускаются по определенным триггерам (например, посещение страницы, отказ от корзины, регистрация на вебинар).

Факты свидетельствуют о высокой эффективности таких систем:

По данным Nucleus Research, внедрение маркетинговой автоматизации в среднем увеличивает продуктивность отдела маркетинга на 12,2% и сокращает затраты на маркетинг на 6,1%.

Интеграция систем автоматизации с CRM (Customer Relationship Management), как отмечает Г. И. Абдрахманова, "позволяет создать единую картину клиента, что является критически важным элементом цифровой экономики" (Абдрахманова и др., 2023, С. 98). Это означает, что каждый сотрудник компании - от маркетолога до менеджера по продажам и службы поддержки - видит полную историю взаимодействий с клиентом, что исключает дублирование и противоречивые сообщения, значительно повышая качество клиентского опыта (CX) [2].

3. Новые каналы взаимодействия: IoT, AR/VR и голосовые помощники

Цифровые технологии создали принципиально новые точки контакта с потребителем.

Интернет вещей (IoT). Умные устройства - от холодильников и телевизоров до фитнес-трекеров - генерируют данные о привычках потребления в реальном времени. Это открывает возможности для контекстного маркетинга. Например, умный холодильник может предложить рецепт на основе имеющихся продуктов и автоматически добавить недостающие ингредиенты в корзину для онлайн-заказа. К 2025 году, по прогнозам Statista, в мире будет более 30 миллиардов подключенных IoT-устройств.

Дополненная (AR) и виртуальная реальность (VR). Эти технологии стирают грань между цифровым и физическим миром, предоставляя иммерсивный опыт. IKEA использует AR в своем приложении, позволяя покупателям "установить" виртуальную мебель в свою квартиру. Бренды косметики, такие как L'Oréal, предлагают виртуальные примерки макияжа. Исследование Deloitte показало, что потребители, взаимодействующие с продуктом через AR, на 30% более склонны к покупке.

Голосовые помощники (Amazon Alexa, Apple Siri, Google Assistant). Распространение умных колонок формирует новый канал - голосовой поиск и покупки. Маркетологам приходится адаптировать контент под семантику голосовых запросов, которые, как правило, более длинные и разговорные. К 2024 году, по данным OC&C Strategy Consultants, объем голосовой коммерции может достичь \$40 млрд в США и Великобритании [3].

4. Этика и вызовы цифрового маркетинга

Несмотря на огромный потенциал, широкое использование цифровых технологий в маркетинге порождает серьезные этические и практические вызовы.

Конфиденциальность данных. Скандалы вокруг Cambridge Analytica и ужесточение регулирования (GDPR в Европе, CCPA в Калифорнии) заставляют компании быть предельно прозрачными в сборе и использовании пользовательских данных. "Экономика цифровых платформ сталкивается с дилеммой: между необходимостью данных для персонализации и правом пользователей на приватность".

Цифровая зависимость и манипуляция. Алгоритмы социальных сетей, построенные на ИИ, могут способствовать формированию "пузырей фильтров" и цифровой зависимости. Задача ответственного маркетолога - не злоупотреблять уязвимостями человеческой психики для максимизации вовлеченности.

Проблема алгоритмической предвзятости. Модели ИИ обучаются на исторических данных, которые могут содержать скрытые предубеждения. Это может привести к дискриминации определенных групп пользователей при показе рекламы или предложении кредитов [4].

Цифровые технологии перестали быть просто инструментом в арсенале маркетолога; они стали средой его обитания и основным драйвером изменений. От больших данных и искусственного интеллекта, лежащих в основе предиктивной аналитики и гиперперсонализации, до иммерсивных технологий AR/VR и повсеместного IoT - все эти инновации направлены на создание бесшовного, релевантного и ценного клиентского опыта. Успех современного бренда напрямую зависит от его способности не просто адаптироваться к этим изменениям, но и proactively использовать их для выстраивания долгосрочных и доверительных отношений с потребителем. Однако эта мощь налагает и большую ответственность, требуя от компаний соблюдения строгих этических норм и защиты приватности пользователей. Будущее маркетинга - за симбиозом технологической мощи и человеческой эмпатии [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдрахманова, Г. И. Цифровая экономика: показатели и методы измерения / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др. - М.: Издательский дом НИУ ВШЭ, 2023. - 252 с.

2. Быченков, О. Ю. Цифровая трансформация бизнеса: технологии и стратегии / О. Ю. Быченков. - СПб.: Питер, 2022. - 288 с.

3. Иванова, М. А. Экономика цифровых платформ: учебное пособие / М. А. Иванова. - М.: КноРус, 2021. - 198 с.

4. Кестер, Я. М. Цифровые финансы и финтех: новые вызовы и возможности / Я. М. Кестер. - М.: Издательство "Экономика", 2020. - 310 с.

5. Листровая, Е. С. Интеграция ИТ-технологий с образовательным процессом обучения экономических дисциплин / Е. С. Листровая, Д. Н. Старченко // Педагогическая инноватика и непрерывное образование в XXI веке: сборник трудов второй международной научно-практической конференции. - Киров, 2024. - С. 565-567.

УДК 721.011

Бойштия Е. К., Головина А.О., Колесникова А.В.

Научный руководитель: Алейникова Н. В. ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ТИПЫ ПЛАНИРОВОК ГОРОДОВ: АНАЛИЗ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Создание и эволюция городов — процесс длительный и сложный, обусловленный множеством факторов, начиная от природных условий и заканчивая культурными традициями и технологическими достижениями. Формы поселений определялись наличием воды, плодородностью почв и защищенностью от врагов.

Планировочная структура города показывает, как в пространстве распределены все основные элементы его инфраструктуры: от предприятий и социальных объектов до коммунальных служб и транспортных сетей. [1]

Радиально-кольцевая структура характерна для многих исторических городов Европы и Азии, включая Москву и Париж. Центральная площадь или район соединены радиальными магистралями, окруженными кольцами дорог.

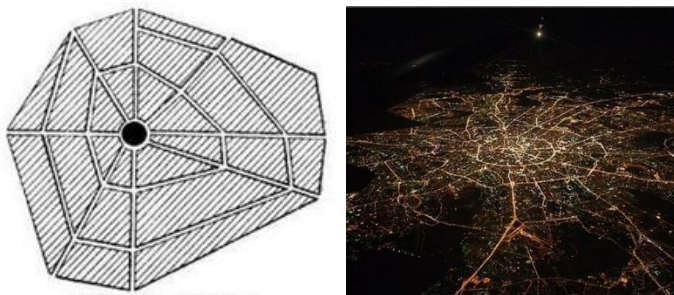


Рис.1 Радиально-кольцевая структура города (Москва)

Такой тип планировки имеет удобную ориентацию, благодаря четкому центру и ясному направлению улиц. Высокая пропускная способность центральных районов, позволяет быстро добраться до важных объектов. Но тут же возникает проблема с транспортной перегрузкой в центре города. А также центральные районы слабо связаны с природным окружением, что негативно влияет на человека. [2]

Линейная планировка распространена в городах, расположенных вдоль рек, горных хребтов или железнодорожных путей и является одной из самых первых форм поселения. Так, например, города Древнего Египта строились вдоль реки Нил, обеспечивая орошение полей и облегченный доступ к воде.

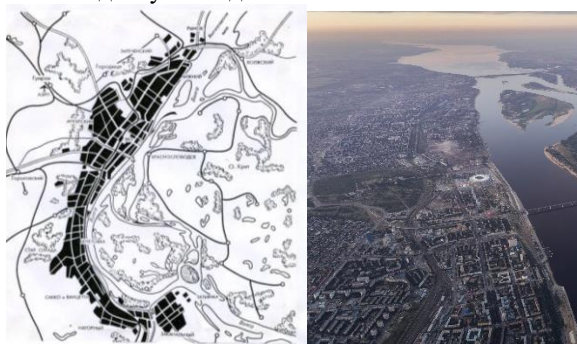


Рис.2 Линейная структура города (Волгоград)

Преимуществом такого типа структуры города служит легкость организации общественного транспорта вдоль главной оси, что способствует развитию устойчивой транспортной системы, снижает выбросы вредных веществ в атмосферу и создает более комфортные

условия для жизни в городе, особенно для пешеходов и велосипедистов. Что касается недостатков, ограниченность развития вширь, что ведет к увеличению плотности застройки вдоль основной линии. Улучшить линейную структуру города можно за счет создания дополнительных поперечных осей. Это приводит к формированию сетевой планировочной структуры. [3]

Решётчатая система свойственна для современных американских и австралийских городов, таких как Нью-Йорк и Мельбурн. Город делится на прямоугольные кварталы одинакового размера. Данная планировка позволяет легко ориентироваться в городе и находить необходимые места. Инфраструктура и транспорт используются эффективно, без перегрузок. Благодаря гибкости, существует возможность дальнейшего расширения города. Однако монотонный вид улицы создает визуальное однообразие. Отсутствуют уникальность и историческая преемственность в архитектурном облике.

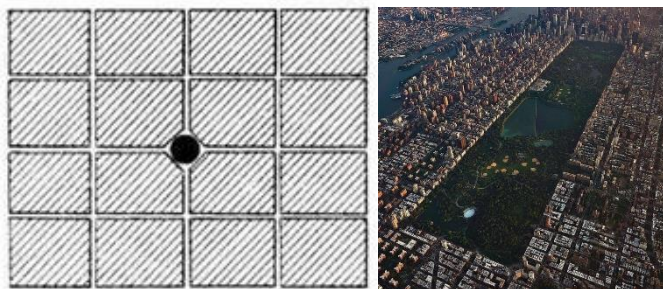


Рис.3 Решетчатая (сетчатая) структура города (Нью-Йорк) [4]

Произвольная планировка городов, также называемая органической, возникла естественным путем, без четкого плана или заранее разработанной схемы. Многие старые города начинались как небольшие поселения, которые постепенно расширялись вокруг центральной площади или рынка. Со временем улицы развивались хаотично, отражая потребности местных жителей. Рельеф местности (горы, реки, овраги), особенности почвы, наличие природных ресурсов (воды, леса) – все это оказывало непосредственное влияние на то, где люди селились, где прокладывали дороги и строили дома. Марракеш – один из самых ярких примеров города с произвольной планировкой, чья структура формировалась веками под влиянием географии, истории и культуры. [5]

Произвольная планировка городов, несмотря на свою живописность и историческую ценность, имеет ряд существенных

недостатков. Узкие, извилистые улицы, переулки и тупики создают сложный лабиринт, в котором легко заблудиться как туристам, так и местным жителям. Расширение улиц в исторических районах часто невозможно из-за архитектурной ценности застройки.

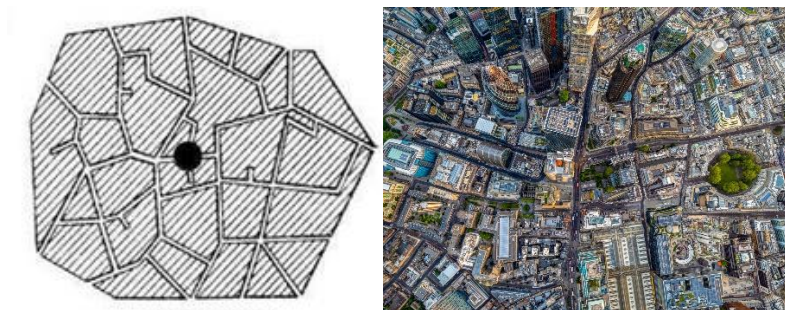


Рис.4 Произвольная структура города (Лондон)

При сочетании элементов регулярного планирования с элементами произвольной застройки возникает комбинированная городская структура. Это характерно для многих современных городов, где новые районы строятся по заранее разработанному плану, а старые части сохраняют свою историческую структуру. Хорошими примерами городов с комбинированной планировкой служат Нью-Йорк и Лондон. Манхэттен имеет регулярную сетку улиц, тогда как Бруклин сохраняет черты старой, менее упорядоченной застройки. А исторический центр Лондона отличается произвольной структурой, в то время как новые районы, такие как Канэри-Уорф, построены по регулярному плану.

Таким образом, планировка города – это не просто схема расположения улиц и зданий, а сложная система, определяющая его функциональность, экономику, социальную жизнь и даже культуру. На протяжении истории человечества города приобретали разнообразные формы, каждая из которых отражала особенности эпохи, географии и потребностей жителей. Рассмотрение основных типов планировок позволяет понять, как менялось отношение к городскому пространству и как различные подходы влияют на качество жизни в современном мире.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перькова М.В. Методика выявления и разрешения градостроительных конфликтов и противоречий развития на примере малых городов белгородской области/ Перькова М.В. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова Том 3 № 9, 2018, С. 74-84
2. Типа планировочных структур, характерные особенности, достоинства и недостатки. // URL: studfile.net// <https://studfile.net> (дата обращения: 6.10.2025).
3. Малахова О. Е. Планировочная структура города: теоретико-практический аспект // Огарёв-Online. 2022. №2 (171). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/planirovocchnaya-struktura-goroda-teoretiko-prakticheskiy-aspekt> (дата обращения: 06.10.2025).
4. Сидорова В. В., Кролева Н. В., Юрчик Ю. Ю. Сравнительный анализ планировочной структуры античных и современных городов // Строительство и техногенная безопасность. – 2022. – №25 (77). – С. 7-14.
5. Бурагба Р., Перькова М.В., Семенцов С.В. Развитие планировочной структуры древних городов Марокко на примере г. Марракеш/ Бурагба Р., Перькова М.В., Семенцов С.В. //Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова Том 4 № 7, 2019, С. 81-88.
6. Типы планировок городов URL: dzen.ru // <https://dzen.ru> (дата обращения: 06.10.2025).

УДК 621.926.52

Бочарникова А.С., Подлегаев Н.И.

***Научный руководитель: Фадин Ю.М., канд. техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

КЛАССИФИКАЦИЯ ТРУБНЫХ ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ

Трубная шаровая мельница – это машина, предназначенная для помола твердых материалов (например, цементный клинкер, уголь, железная и медная руда и другие материалы средней твердости, которые требуются производству).

Состоит из таких конструктивных элементов (Рис. 1) [1].

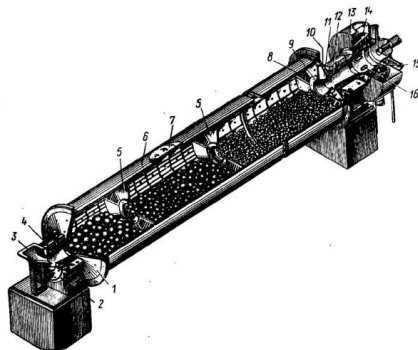


Рис. 1 Трубная шаровая мельница:

1, 10 – торцевое днище; 2 – подшипник; 3 – загрузочная воронка;
4 – пустотелая цапфа; 5 – межкамерные перегородки; 6 – корпус; 7 – крышка;
8 – диафрагменная перегородка; 9 – конус; 11 – лопасти; 12 – разгрузочный
конус; 13 – кожух; 14 – сито; 15 – разгрузочный патрубок; 16 – разгрузочные
отверстия

Трубная шаровая мельница работает по следующему принципу – в действие приводится с помощью электродвигателя, передавая вращение от двигателя через редуктор, который увеличивает крутящий момент, но уменьшает скорость [2].

Через одну из цапф подается материал, который заполняет камеру на 30% – 50%, через другую цапфу выгружают уже измельченный материал. Измельчение материала в мельнице происходит в основном из-за ударов, падающих мелющих тел. Набрав определенные обороты, мелющие тела в мельнице начинают подниматься под действием центробежной силы, когда силы тяжести становится больше центробежной силы, мелющие тела начинают падать, измельчая при падении материала, загруженный в мельницу.

В мельницу поступает материал в крупных кусках, для измельчения крупных кусков в первую камеру загружают большие шары диаметром от 60 до (100–110) мм. После измельчения в первой камере материал поступает во вторую камеру, проходя через межкамерную перегородку, в этой камере материал измельчается до более мелкого диаметра, для этого туда загружают более мелкие железные шары и щепцы диаметром от 20 до 25 мм (Рис. 2).

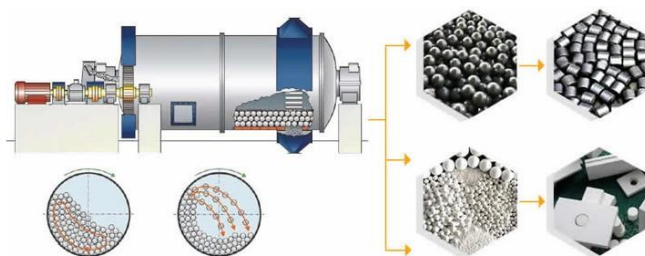


Рис. 2 Разновидности мелющих тел

Для избавления от пыли, которая образуется при измельчении, в камере разгрузки существует патрубок, присоединяемый к аспирационной системе [3].

Камеры, разделены перегородкой, которая предотвращает прохождение неизмельченного материала, так материал проходит с одной камеры в другую пока не измельчится до нужного размера (Рис.3).

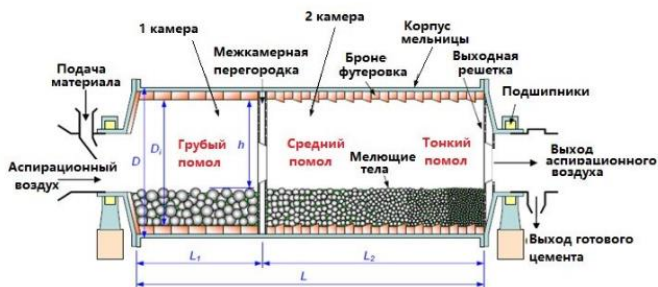


Рис. 3 Размеры мелющих тел

Трубных шаровых мельниц существует огромное количество, и они различаются по следующим признакам:

По способу измельчения:

- Мокрого помола – материал измельчается в жидкости. Применяется, когда материал должен получиться определенной влажности или происходит сильное пылеобразование в процессе помола;

- Сухой помол – материал измельчается без жидкости. Применяется в тех случаях, когда нужно получить сухой материал.

Расположение осей вращения:

- Горизонтальные – наиболее распространенный тип осей. Барабан вращается по горизонтальной оси;

- Вертикальные – барабан вращается по вертикальной оси. Наименее распространенный тип осей вращения, используется в специальных приспособлениях;

- Наклонные – барабан вращается по оси, расположенной под некоторым углом. Такое расположение оси способствует более эффективному перемещению материала в мельнице и улучшение измельчения.

По расположению привода:

- Центральный привод – двигатель находится на барабане мельницы;

- Боковой привод – двигатель расположен сбоку от барабана мельницы.

По способу разгрузки:

- С решетчатым днищем – материал разгружается через отверстия в днище. Размер отверстий определяют степень измельчения материала;

- С разгрузочным устройством – используют различные механизмы для разгрузки.

По форме и размеру барабана:

- Разные диаметры и длинна барабана;
- Однокамерные и многокамерные;
- Коническая и цилиндрическая форма барабана.

По времени работы:

- Непрерывного действия – материал поступает в мельницу, измельчается и выгружается непрерывно, загрузка и выгрузка материала с мельницы происходит одновременно;

- Периодического действия – материал загружается в мельницу, измельчается и выгружается циклами.

По схеме работы:

- С открытым циклом (Рис. 4, а) – материал проходит через мельницу один раз;

- С замкнутым циклом (Рис. 4, б, в, г, д) – материал, который не измельчился до нужного размера, возвращается обратно в мельницу на доизмельчение [4].

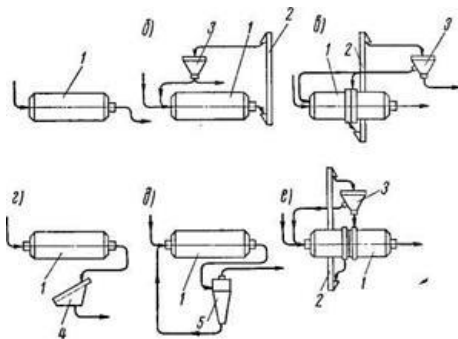


Рис. 4 Схема работы трубных шаровых мельниц:

1 – барабан мельницы; 2 – элеватор; 3 – сепаратор; 4 – сито; 5 – гидроциклон

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Устройство трубной шаровой мельницы // Все о трубах: сайт. – URL: <https://truba.ogorodguru.ru> (дата обращения: 23.06.2025)
2. Шаровая мельница: Принцип работы и применение // МСК: сайт. – URL: <https://drobilmash.ru> (дата обращения: 23.06.2025)
3. Трубная цементная мельница // StudFiles: сайт. – URL: <https://studfile.net> (дата обращения: 24.06.2025)
4. В. С. Богданов, Ю. М. Фадин, С. С. Латышев. Трубная шаровая мельница, оборудованная внутримельничным рециркулирующим устройством с вентиляторным колесом // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов : межвуз. сб. ст. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2010. - Вып. IX. - С. 80-81.

*Брагина К.В., Старченко К.М., Колесникова А.С.
Научный руководитель: Наумов А.Е., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ НА ПРЕДМЕТ НОРМАТИВНОГО СООТВЕТСТВИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ПРИ ПОМОЩИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПЛАГИНА В ПО

Актуальность программного обеспечения (ПО) для проверки соответствия строительным нормам и стандартам в ArchiCAD достаточно велика. С каждым годом требования к проектированию и строительству становятся все более строгими. Новые строительные нормы требуют от проектировщиков соблюдения множества параметров, касающихся безопасности, экологии, энергоэффективности и удобства использования. Автоматизированное ПО помогает оперативно следить за их соблюдением, что снижает вероятность ошибок, связанных с несоответствием проектных решений действующим нормам. Это, в свою очередь, способствует повышению качества проектной документации и экономии времени и ресурсов, так как автоматизация процессов проверки позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на анализ.

Целью данной работы является проведение предпроектных исследований на тему комплексного анализа проектного решения на предмет нормативного соответствия в строительстве, при помощи дополнительного параметрического плагина в ПО.

В последние годы проведены значительные разработки программного обеспечения для обеспечения соответствия нормам и стандартам в различных отраслях, включая архитектуру и строительство. ArchiCAD, созданный компанией Graphisoft, является одной из ведущих платформ для информационного моделирования зданий (BIM), обеспечивая архитекторов инструментами для проектирования сложных объектов. Проверка проектов на соответствие российским сводам Правил (СП), таким как СП 4.13130.2013 (пожарная безопасность) или СП 52.13330.2016 (освещение), часто выполняется вручную, что требует значительных усилий и увеличивает риск ошибок [1]. С версии ArchiCAD 24 доступен Python API, который позволяет

создавать пользовательские скрипты для автоматизации анализа моделей на соответствие нормам [2].

Python API в ArchiCAD предоставляет доступ к элементам модели, включая стены, зоны, двери и их параметры, такие как размеры или материалы [3]. С его помощью можно: извлекать геометрические характеристики (высота, ширина, площадь), сравнивать параметры с нормативными значениями, формировать отчеты о несоответствиях, интегрировать внешние данные, например, выдержки из СП в формате JSON.

В отличие от сложных дополнений на C++, Python-скрипты проще в реализации и идеально подходят для задач, связанных с локальными стандартами, такими как проверка высоты помещений по СП 54.13330.2022 или ширины эвакуационных путей по СП 1.13130.2020 [4].

Широкое и активное сообщество Python обеспечивает доступ к учебным материалам и готовым решениям, что значительно упрощает процесс разработки. Использование Python через Application Programming Interface (API) ArchiCAD позволяет создавать пользовательские приложения и скрипты, что предоставляет гибкость по сравнению с GDL, ограниченным созданием объектов. В завершение Python позволяет легко автоматизировать повторяющиеся задачи в ArchiCAD, что повышает эффективность проектирования и сокращает затраты времени.

Создание ПО для ArchiCAD с помощью Python становится все более популярным благодаря гибкости и возможностям этого языка программирования. ArchiCAD предлагает API, который позволяет разработчикам взаимодействовать с его функциональностью через Python, что открывает возможности для создания объектов, автоматизации задач и обработки данных. Основные шаги для создания ПО включают установку необходимых версий ArchiCAD и Python, изучение документации API для понимания взаимодействия, написание простых скриптов для выполнения базовых задач и автоматизацию таких процессов, как экспорт планов или генерация отчетов. Также можно создавать пользовательские интерфейсы для более интуитивного взаимодействия с кодом, тестировать и отлаживать приложения, уделять внимание документации для пользователей и интегрировать ПО с другими системами, что расширяет функциональность и возможности анализа данных. В результате использование Python для создания ПО в ArchiCAD открывает широчайшие горизонты для архитекторов и проектировщиков,

позволяя оптимизировать рабочие процессы и повысить продуктивность.

Рассмотрим проект многоэтажного жилого дома. Архитектор хочет убедиться, что все помещения соответствуют СП 54.13330.2022, а эвакуационные пути — СП 1.13130.2020. После запуска плагина он получает отчет: три зоны имеют высоту 2.4 м, а два дверных проема — ширину 1.1 м. Плагин выделяет проблемные элементы красным цветом, позволяя быстро исправить модель (рис. 1) [5–8].

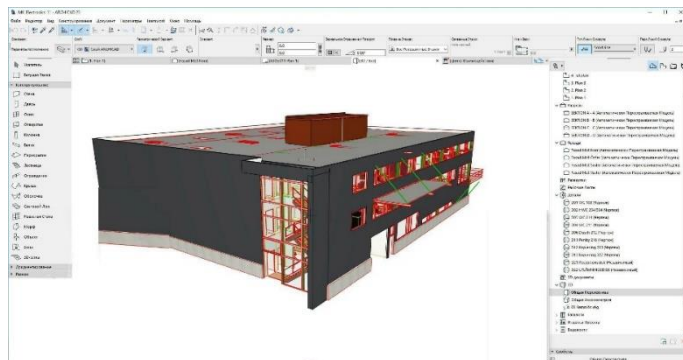


Рис. 1 Проблемные элементы, выделенные красным цветом

Разработанный плагин на Python упрощает анализ BIM-моделей на соответствие российским стандартам, сокращая время и риски ошибок. Его уникальность заключается в адаптации под локальные СП, что редко обсуждается в глобальных источниках [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларионов А. Н., Развитие внедрения технологий информационного моделирования при реализации жилищных инвестиционно-строительных проектов / А. Н. Ларионов, А. В. Приходько // Вестник МГСУ. — 2023. — Т. 18. — № 2. — С. 270–282.
2. Евтушенко С. И., Определение веса элемента с целью приоритизации исправления коллизий пересечения / С. И. Евтушенко, Р. В. Осташев // Вестник 19 (3). — 2024. — С. 469–477.
3. Савина А. Г., Теоретико-методологические основы построения 4D-моделей BIM и автоматизированного анализа узких мест проекта / А. Г. Савина // Русский журнал. — 2023. — № 17(1). — С. 90–109.

4. Криони И. Н., Обеспечение качества BIM-моделей в автоматизированном проектировании с использованием формата IFC / И. Н. Криони // (журнал/сборник). — 2024–2025. — С 56–62.

5. Материалы VI Международной научно-практической конференции «BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры» (сборник статей) / ред. коллегия // СПбГАСУ: материалы конференции. — 2023. — № 4. — С. 56–60.

6. Попов А. Э., Применение информационного моделирования в задачах проверки проектных решений на соответствие требованиям эксплуатации / А. Э. Попов // Инженерно-технический журнал (рецензируемое издание). — 2025. — № 69(1). — С. 8–23.

7. Лукманова И. Г. Активизация внедрения технологий информационного моделирования в российской строительной отрасли / И. Г. Лукманова // Вестник МГСУ. — 2023. — С. 2004–2014.

8. Сысолов Н. С. Создание инструмента для преобразования цифровых требований при выгрузке цифровых информационных моделей в формате IFC / Н. С. Сысолов // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий — 2025. — С. 56–64.

УДК 378.147:69.007

Буркова К.А.

*Научный руководитель: Суворова М.О., канд. техн. наук, доц.
Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы,
г. Москва, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВНЕДРЕНИЮ ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ПРИ ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В статье рассматриваются основные принципы и современные подходы применения игровых технологий в современном строительном образовании. Дается краткий обзор основных инструментов игровых технологий и приводятся примеры использования данных инструментов в образовательной практике. Рассмотрены результаты SWOT-анализа внедрения геймификации в образовательный процесс.

При подготовке кадров образовательные учреждения ищут новые подходы, направленные на повышение мотивации обучающихся, которые позволят улучшить качество усвоения материала и сделают образовательный процесс более эффективным. Одним из

перспективных методов является внедрение игровых практик – геймификация образовательного процесса – использование игровых элементов и механик для повышения вовлеченности обучающихся, развития творческих способностей и формирования профессиональных компетенций [1]. Геймификация представляет собой интеграцию игровых методик в образовательный процесс с целью стимулирования интереса обучающихся, улучшения восприятия учебного материала и усиления мотивационных факторов. Она помогает сделать обучение увлекательным, вовлекающим и эффективным [2]. Ключевыми элементами геймификации являются:

- баллы и система достижений, отражающая успехи обучающегося;
- достижения, награды и значки, повышающие самооценку обучающегося;
- соревнования и рейтинговые таблицы, создающие атмосферу соревнования и состязательности;
- игровая механика, позволяющая получать обратную связь, двигаться вперед поэтапно и исправлять ошибки [3].

Применение этих элементов способствует формированию мотивации, поощряет саморазвитие и обеспечивает индивидуальный подход к обучению каждого учащегося [4].

Практическое применение игровых форматов при подготовке кадров можно структурировать следующим образом:

- создание виртуальных лабораторий и тренажеров, имитирующих производственный процесс;
- организация квестов и соревнований, ориентированных на профессиональное развитие;
- интерактивные онлайн-курсы с элементами игрового взаимодействия;
- участие студентов в проектах по разработке реальных бизнес-кейсов и моделей предприятий [5].

Теоретический аспект применения игровых технологий показывает достаточно большой потенциал для совершенствования современного профессионального образования. Однако успех зависит от правильного выбора метода, учета особенностей конкретной группы обучающихся и создания оптимальной среды для внедрения инновационных методов. Внедрение игровых элементов открывает перспективы качественного изменения содержания и структуры образовательных процессов, делая их доступнее, интереснее и

эффективнее для формирования профессиональных компетенций будущего специалиста [6].

Применительно к строительной отрасли для подготовки высококлассных кадров в образовательном процессе неоспоримо внедрять не только методы получения глубоких теоретических знаний, но и практических навыков. Однако традиционные методы обучения часто оказываются недостаточно эффективными для подготовки высококвалифицированных специалистов [7]. Следовательно, внедрение геймифицированных подходов становится важным инструментом в повышении эффективности строительного образования. Будущие инженеры-строители учатся анализировать ситуации, принимать решения и решать проблемы, что особенно важно в строительной отрасли. Многие игровые форматы предполагают коллективную работу, что способствует развитию коммуникативных и лидерских качеств [8, 9]. Геймификация позволяет обучающимся применять полученные знания на практике, имитируя реальные строительные процессы и ситуации. В Таблице 1 подробно рассмотрены инструменты геймификации и их роль в образовательном процессе при подготовке кадров для строительной отрасли.

В рамках исследования нами был проведен SWOT-анализ использования инструментов геймификации при подготовке кадров для строительной отрасли, представленный в Таблице 2, позволяющий систематизировать внутренние и внешние факторы в категориях: сильные стороны (S – strengths), слабые стороны (W – weaknesses), возможности (O – opportunities) и угрозы (T – threats).

Таблица 1 – Основные инструменты геймификации строительного образования

№ п/п	Инструмент геймификации	Описание	Примечание
1.	Компьютерная игра	Игры, моделирующие строительство объектов	Может использоваться для изучения архитектуры и проектирования
2.	Деловая игра	Игра, основанная на реальных строительных проектах	Помогает развивать управленческие и организационные навыки
3.	Настольная игра	Игровая форма с использованием карт, фишек и др.	Полезна для освоения основ строительства и управления проектами
4.	Интерактивная игра	Активное взаимодействие участников с игрой	Используется для отработки навыков принятия решений

5.	Дополненная реальность	Виртуальные объекты накладываются на реальный мир	Применяется для визуализации проектов и анализа конструкций
6.	Виртуальная реальность	Полностью погружение в виртуальное пространство	Идеально подходит для симуляции сложных ситуаций и процессов
7.	Чат-бот	Автоматизированный помощник, взаимодействующий с пользователями	Поддерживает обратную связь и обеспечивает доступ к учебным материалам

Таблица 2 – SWOT-анализ использования геймификации при подготовке кадров для строительной отрасли

S (сильные стороны) 1.Геймификация повышает мотивацию обучающиеся и уровень их вовлечённости в образовательный процесс. 2.Использование игровых элементов способствует развитию творческого потенциала будущих архитекторов и строителей.	W (слабые стороны) 1.Требуется дополнительное обучение педагогов новым технологиям и играм. 2.Трудности интеграции традиционных методов обучения с игровой деятельностью.
O (возможности) 1.Возможность улучшения качества подготовки студентов и повышения престижа учебного заведения. 2.Государственная поддержка инициатив по внедрению современных методик обучения.	T (угрозы) 1.Недостаточность технической инфраструктуры для эффективного внедрения геймификации. 2.Непринятие нововведений частью педагогического коллектива. 3.Конкуренция со стороны других университетов, активно применяющих современные образовательные подходы.

Таким образом, геймификация является эффективным инструментом для совершенствования образовательного процесса в строительных направлениях обучения. Использование компьютерных игр, деловых игр, приложений с дополненной и виртуальной реальностью, а также чат-ботов существенно повышает интерес обучающихся, развивает необходимые профессиональные и надпрофессиональные компетенции. Геймификация играет ключевую роль в формировании нового поколения квалифицированных кадров

строительной сферы, готовых эффективно справляться с профессиональными задачами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Е.В. Богданова, Е.А. Яровая, А.Н. Дахин [и др.] Богданова Е.В. Геймификация в современном педагогическом образовании: атлас лучших практик [Текст] / Е.В. Богданова, Е.А. Яровая, А.Н. Дахин [и др.] — Новосибирск: Мин-во просвещения РФ, 2021 — 152 с.
2. Зотов В.Н Профессиональное образование [Текст] / Зотов В.Н // Народное образование. — 2015. — № 4. — С. 14-19.
3. Роллингз Эндрю М. Проектирование и архитектура игр [Текст] / Роллингз Эндрю М. — 1. — Москва: Издательский дом «Вильямс», 2006 — 1034 с.
4. VR Concept. [Электронный ресурс]. URL: <https://vrconcept.net/?ysclid=ltbom45taw826917970> (дата обращения: 15.10.2025).
5. Е.О. Самойлова, Ю.М. Шаев Компьютерные игры как виртуальный нарратив [Текст] / Е.О. Самойлова, Ю.М. Шаев // Исторические, Философские, Политические И Юридические Науки, Культурология И Искусствоведение. Вопросы Теории И Практики.. — 2016. — № 2. — С. 171-173.
6. Г.Е. Нам, В.В. Георгиади. Возможности информационного моделирования внедренного в систему управления охраной труда / Г. Е. Нам, В. В. Георгиади [Текст] // Безопасность в строительстве. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. — С. 233-238.
7. Mohammad Ilbeigi, Diana Bayraktarova, and Azita Mortezi Gamification in Construction Engineering Education: A Scoping Review [Текст] / Mohammad Ilbeigi, Diana Bayraktarova, and Azita Mortezi // Journal of Civil Engineering Education. — 2023. — № 1.
8. Наумов, А.Е. Дидактическая эффективность виртуализации образовательных процессов в строительном проектировании / А. Е. Наумов // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: Тезисы докладов VIII-го международного симпозиума, Тамбов, 17–21 мая 2023 года. — Тамбов. 2023. — С. 97-98.
9. Скорынина, А.А. Виртуальный ресурсный анализ в строительном ценообразовании / А. А. Скорынина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2025. – № 8. – С. 30-38. – DOI 10.34031/2071-7318-2025-10-8-30-38.

Быканова К.К.

Научный руководитель: Качемцева Л.В., канд. архитектуры, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ЗЕЛЁНЫЕ ЗОНЫ И БЛАГОУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИИ В РАМКАХ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛОГО РАЙОНА

Реконструкция жилого района предполагает комплексное преобразование городской среды, направленное на улучшение условий жизни населения. Одним из ключевых аспектов такого преобразования является создание современных зелёных зон и благоустройство прилегающей территории.

Данная тема актуальна благодаря следующим факторам: повышение комфорта и привлекательности жилья; увеличение стоимости жилья; формирование привлекательности городского пространства; улучшение экологической обстановки.

Значение зелёных зон в городе. Современные жилые районы нуждаются в гармоничном сочетании функциональных построек и природных ландшафтов. Наличие деревьев, кустарников, газонов и водоёмов существенно влияет на микроклимат, снижая уровень шума, очищая воздух и создавая благоприятные условия для жизни и отдыха.

Помимо экологической пользы, зелёные зоны выполняют важную социальную функцию, способствуя укреплению физического и психического здоровья населения. Парки, скверы и сады становятся местами для семейного отдыха, занятия спортом, культурных мероприятий и социализации.

Особенности проектирования зелёных зон. При разработке концепции благоустройства особое внимание уделяют следующим факторам:

- Использование местных видов растительности, адаптированных к климатическим особенностям региона.
- Формирование системы тропинок и прогулочных зон, позволяющих удобно перемещаться внутри района.
- Обеспечение доступности для разных категорий населения, включая инвалидов и родителей с колясками.
- Организация специализированных зон для детей, подростков и взрослых, оснащённых современным оборудованием.

Особое значение имеет интеграция зелёных зон с существующими элементами инфраструктуры, такими как школы, детские сады, спортивные сооружения и медицинские учреждения. Такое решение позволяет создать многофункциональные комплексы, удовлетворяющие потребности всех возрастных групп.

Пример отечественного опыта – реконструкция Крылатского района, г. Москва. В проекте реконструкции Крылатских холмов в г. Москва предусмотрены следующие работы:

- Создание нового парка. Появится современный ландшафтный парк с широкими дорожками, зонами отдыха и спортивными площадками. Большое внимание уделено озеленению, что позволило увеличить количество зелёных насаждений и создать комфортные условия для пеших прогулок и занятий спортом.

- Формирование велосипедных и беговых трасс. Будет обустроено несколько километров велодорожек и беговых маршрутов, интегрированных в общую инфраструктуру района. Это повысит популярность активных видов спорта среди местных жителей.

- Организация детского игрового комплекса. Для детей младшего возраста появятся игровые площадки с безопасным покрытием, качели, горки и карусели. Территория будет разделена на возрастные зоны, что сделает её удобной для семейных визитов.

- Оснащение уличным искусством и малыми архитектурными формами. Будут установлены декоративные фонари, арт-объекты и скамейки оригинальной конструкции, придающие району особый колорит и оригинальность.



Рис. 1 Существующее состояние Крылатских холмов

3. Цветкова И. В. Социальные аспекты благоустройства города в контексте устойчивого развития //Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2017. – № 3. – С. 152-157.

4. Биялт В. С. Обзор зарубежного опыта управления сферой благоустройства и озеленения территорий //Символ науки. – 2020. – № 11. – С. 51-54.

5. Поршакова А. Н., Акимова М. С. Благоустройство и озеленение населенных пунктов: Учебное пособие. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 156 с.

УДК 711.00

Валеева А.Т.

Научный руководитель: Токарева Т.В., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МЕЖДУ КОМПАКТНОСТЬЮ И ЛИНЕЙНОСТЬЮ: ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВ

Город представляет собой сложный организм, постоянно развивающийся и адаптирующийся к новым условиям. В современном мире, сталкиваемомся с быстрым ростом населения, экономическим развитием и необходимостью устойчивого будущего, стоит вопрос оптимальной пространственной организации городов. В течение десятилетий архитекторы, градостроители и экономисты спорят о преимуществах и недостатках двух основных моделей городского развития: компактной и линейной. [1]

Компактные города характеризуются плотной застройкой, высоким уровнем интеграции инфраструктуры и общественных пространств. Такие города позволяют сократить расстояния между жилыми районами, рабочими местами и объектами социальной сферы, что способствует снижению транспортных затрат и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

Однако компактность имеет свои ограничения. Высокая плотность застройки может привести к ухудшению качества жизни горожан, особенно в условиях недостаточного озеленения и ограниченного пространства для отдыха. Также возникает риск перегрузки транспортной системы и повышения уровня шума и загрязнения воздуха.

Так, например, Хельсинки считается примером функциональной структуры города, где жилые зоны отделены от промышленных и коммерческих районов. Этот подход был популярен в XX веке и

основан на идее разделения функций, что позволяло минимизировать негативное влияние промышленности на качество жизни горожан. Иконников, анализируя градостроительную историю Хельсинки, подчеркивал, что миф о его "функциональной компактности" зачастую преувеличен. Хельсинки в определенные периоды своего развития стремился к концентрации функций и эффективному использованию территории, особенно в эпоху функционализма. Однако, Иконников обращает внимание на то, что эта компактность не всегда достигалась, и город развивался не только вглубь, но и вширь, формируя пригороды и испытывая проблемы транспортной доступности между центром и периферией.



Рис.1 Компактный город на примере Хельсинки [2]

Венеция - это классический пример компактного города, расположенного на множестве небольших островов, соединенных каналами и мостами. Здесь практически нет автомобильного движения, а основным видом транспорта являются водные суда и пешие прогулки. Городу характерны высокая плотность населения, узкие улицы, историческая архитектура, развитая система каналов. Все основные функции города (жилье, работа, торговля, культура) сосредоточены на небольшой территории. [3]



Рис. 2 Компактный город на примере Венеции

Линейные города представляют собой вытянутые вдоль основных магистралей населенные пункты, часто формирующиеся вокруг водоемов, крупных дорог или железнодорожных путей. Линейный город может легко расширяться вдоль оси, осваивая новые территории и адаптируясь к изменяющимся потребностям. Такой подход позволяет равномерно распределять нагрузку на инфраструктуру и создавать комфортные условия для проживания и передвижения. Однако линейные города чрезмерно зависят от транспортной инфраструктуры, и любые перебои в ее работе могут парализовать всю систему. Также, несмотря на наличие транспортной системы, жителям таких городов приходится преодолевать большие расстояния для доступа к услугам и ресурсам.

Бразилиа - это запланированный город, спроектированный в форме самолета, с четким разделением на функциональные зоны. Жесткое разделение на функциональные зоны привело к социальной изоляции, отсутствию пешеходной доступности и зависимости от автомобильного транспорта. Город стал неудобным для жизни большинства жителей, особенно тех, кто не мог позволить себе личный автомобиль. Кроме того, рост города и его окрестностей в итоге разрушил изначальный план, и идея обернулась сложной проблемой, требующей решения на протяжении многих лет.



Рис. 3 Линейный город на примере Бразилиа

Еще одним примером линейного города служит Волгоград (ранее Сталинград), история и структура которого неразрывно связаны с географическим положением вдоль реки Волги. Сталинградская битва практически полностью разрушила город. Восстановление города также происходило с учетом линейной структуры, но с попытками создать более организованное пространство. Были построены широкие

проспекты, связывающие отдельные районы, а также созданы новые парки и скверы. Большинство районов города имеют доступ к Волге, что обеспечивает рекреационные возможности и красивый вид. Однако, из-за большой протяженности города, жителям приходится тратить много времени на поездки. Также, несмотря на наличие магистрали, в часы пик возникают пробки и затруднения в движении между районами. [4]



Рис. 4 Линейный город на примере Волгограда

Обе концепции развития городов опираются на транспорт, но с противоположным подходом. Линейная модель делает ставку на развитие транспортных сетей, вдоль которых и формируется городская структура. Компактная же стремится минимизировать транспортные потоки, особенно автомобильные, делая ставку на пешеходную доступность. При этом, несмотря на акцент компактной модели на пешеходной доступности как способе уменьшения загрязнения, она также присутствует и в линейной модели. Однако в линейной модели есть нюанс: линейное расположение всех функциональных зон (производство, жилье, отдых) вдоль транспортной оси неизбежно порождает устойчивое "поперечное" движение жителей между ними – ежедневные поездки на работу и обратно, проходящие через социальные объекты. [5]

Для решения проблемы выбора между компактностью и линейностью необходимо учитывать специфику каждого конкретного региона и города. Важную роль играют географическое положение, климатические условия, уровень экономического развития и культурные особенности местности. Современные градостроительские технологии предлагают новые подходы к созданию сбалансированных городских структур, сочетающих достоинства обоих типов организации пространства.

Примером такого подхода может служить развитие Москвы, где наряду с компактной центральной частью формируются периферийные районы с элементами линейности. Это позволяет оптимизировать использование ресурсов и обеспечить комфортное проживание всех категорий граждан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перькова М.В. Методика выявления и разрешения градостроительных конфликтов и противоречий развития на примере малых городов белгородской области/ Перькова М.В. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова Том 3 № 9, 2018, С. 74-84.
2. Иконников А. В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. Том II.: Изд-во Прогресс-Традиция, 2002. 656.
3. Город - вместо фундамента у которого лес! Как построили Венецию/ URL: dzen.ru / <https://dzen.ru> (дата обращения: 12.10.2025).
4. Линейный город URL: ruwiki.ru / <https://ru.ruwiki.ru> (дата обращения: 12.10.2025).
5. Мазаев Г. В. Компактный город — линейный город: единство противоположностей // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2023. №3 (58). URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 12.10.2025).

УДК 629.783

Вихарева Ж.А.

Научный руководитель: Епринцев М.А., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Малые космические аппараты – космические летательные аппараты (спутники), имеющие небольшую массу и габариты относительно классических космических аппаратов (КА). Этот термин подразумевает иной подход к разработке и использованию спутников. Поскольку разработка, изготовление и выведение однотипных аппаратов значительно дешевле в сравнении с классическими КА, то намного выгоднее производить универсальный небольшой и недорогой

аппарат, который после выведения на орбиту будет выполнять целевую задачу.

В настоящее время применение таких аппаратов и космических систем на их основе является одним из ключевых направлений в развитии космических технологий. Благодаря спутникам, работающим на низкой околоземной орбите, открылась возможность получения изображений любого участка Земли и объектов на её поверхности [1].

Мировой опыт использования МКА для решения широкого спектра целевых задач подтверждает перспективность развития этого направления космонавтики. К таким задачам можно отнести: фото- и видеосъёмка различного назначения, проведение спутниковой связи, различные эксперименты в околоземном пространстве и другие.

Современный уровень развития технологий позволяет разрабатывать, изготавливать и запускать одиночные аппараты и даже целые орбитальные группировки МКА в более короткие сроки, по сравнению с классическими аппаратами.

При этом подобные группировки способны выполнять ряд задач не хуже, а иногда лучше классического аппарата. В качестве примера можно рассмотреть использование группировки МКА в задачах обеспечения связи: за счёт более низкой орбиты, уменьшается время передачи сигнала, а за счёт работы спутников в составе группировки, обеспечивается большая зона покрытия. Однако, существуют задачи, решение которых невозможно при помощи МКА. В качестве примера можно взять «Глонавс-К», полезная нагрузка которого не укладывается в габариты МКА. Также стоит отметить, что возможно совместная работа МКА с КА.

МКА можно классифицировать по массе (Рис.1).



Рис.1 – Классификация МКА

Полная масса миниспутников вместе с топливом составляет от 100 до 500 килограмм. На Рис.2 представлен аппарат «Канопус-В», масса которого вместе с полезной нагрузкой составляет 465 килограммов.

«Канопус-В» это КА оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций.

Задачи, решаемые аппаратом:

- мониторинг техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, в том числе стихийных гидрометеорологических явлений, сельскохозяйственной деятельности и природных ресурсов;
- обнаружение очагов лесных пожаров и крупных выбросов загрязняющих веществ в природную среду;
- наблюдение заданных районов земной поверхности в интересах различных отраслей народного хозяйства, министерств и ведомств Российской Федерации;
- картографирование [2].



Рис. 2 – «Канопус-В»

Иногда для этих аппаратов используются платформы или элементы классических КА, например «Метеор-М» № 1. В некоторых случаях термин «миниспутник» применяют для аппаратов с массой незначительно превышающей 500 килограммов.

Микроспутники имеют полную массу в пределах от 10 до 100 килограмм. Например, «Михаил Решетнев» или «МиР», имеющий массу 65 килограмм (Рис.3) [3].

Основные задачи, решаемые МКА «Михаил Решетнев»:

- Получение научно-технического задела в области конкурентоспособной космической техники и технологий нового поколения для оборонного, научного и коммерческого применения. Демонстрация технологий;
- Обзорное наблюдение больших площадей Земной поверхности с целью обнаружения источников интересующей информации и определения координатно-временной информации об этих источниках [4].



Рис. 3 – «МиР»

Наноспутники имеют массу в диапазоне от 1 до 10 килограмм. Очень часто именно эти аппараты используют для создания группировок или роя МКА. Ярким представителем этого класса являются аппараты формата CubeSat (Рис.4) [5].



Рис. 4 – SXC3-219 ИСОИ

Пикоспутники – аппараты массой от 100 грамм до 1 килограмма. В основном разрабатываются для работы в группе, а не в качестве отдельно функционирующего аппарата. Шесть автономных пикоспутников формата TinySat в качестве полезной нагрузки в КА «СтратоСат-ТК1» (Рис.5).

Пикоспутник «СтратоСат-ТК1-Д» представляет собой прототип космического web-сервера, основная задача которого — проведение эксперимента по работе спутника в качестве сервера, передающего web-страницы и проведение образовательных программ.

Пикоспутник «СтратоСат-ТК1-Е» — экспериментальный спутник в формате TinySat 2TU. Его задача — лётная квалификация платформы пикоспутников увеличенного размера TinySat [6].



Рис. 5 – «СтратоКат-ТК1» с полезной нагрузкой в виде TinySat

Фемтоспутники имеют полную массу до 100 грамм. 20 апреля 2019 года с борта "кубсата" KickSat-2 была развёрнута группировка из 104 ультрамалых аппаратов – фемтоспутников (Рис.6). Такой аппарат представляет собой плату размерами 3,5 x 3,5 сантиметров и весит несколько грамм. На нём расположена СБ, микроконтроллер, радиопередатчик и целевая аппаратура. Антенны на этом аппарате позволяют принимать сигналы на Земле даже с любительской аппаратуры [7].



Рис. 6 - KickSat

Благодаря МКА получение изображений любого участка поверхности планеты и отслеживания природных и других явлений стало доступнее. Сейчас ДЗЗ является одной из основных областей применения этих аппаратов. Для решения данной задачи МКА рентабельнее других КА и представляют большой интерес среди широкого класса потребителей космической информации.

Использование современных технологий при реализации элементов бортовой специальной и обеспечивающей аппаратуры МКА, а также их унификация позволяют в несколько раз сократить сроки разработки и снизить финансовые расходы на реализацию новых космических проектов [10,11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гансвинд И.Н. Малые космические аппараты – новое направление космической деятельности / И.Н. Гансвинд // Международный научно-исследовательский журнал. — 2018. — №12 (78). — DOI: 10.23670/IRJ.2018.78.12.053
2. Космический комплекс «КАНОПУС-В» // URL: <https://www.vniim.ru> (дата обращения: 08.10.2024)
3. Космический аппарат "МиР" // АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва» URL: <https://www.iss-reshetnev.ru/spacecraft/spacecraft-science/mir> (дата обращения: 08.10.2024).
4. Зимин И. И., Валов М. В., Яковлев А. В., Галочкин С. А. Малый космический аппарат «Михаил Решетнев». Результаты работы // Электронный журнал «Труды МАИ». - 2013. - №65
5. В рамках проекта "Space-Pi" испытания в космосе пройдет первый российский гиперспектрометр для кубсатов // федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» URL: <https://ssau.ru> (дата обращения: 24.12.2024).
6. СтратоСат ТК-1 // spacepi URL: <https://spacepi.space/> (дата обращения: 24.12.2024).
7. KickSat-2 Spacecraft // Nanosats Database URL: <https://www.nanosats.eu> (дата обращения: 17.03.2025).

УДК 004.032.26

Войцешко Д.М.

Научный руководитель: Стеценко О.Н. асс.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова г. Белгород, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ НЕЙРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИГРОВЫМ ПЕРСОНАЖЕМ

Для имитации естественного поведения персонажа в игровом процессе разработчики используют искусственный интеллект. При этом, классические методы создания «псевдо-искусственного интеллекта» не гарантируют достижения «естественности», что может

вести к потере интереса к игровому процессу. Одним из первых инструментов, использованных для управления персонажем, является классический нейроконтроллер, представляющий собой простую трехслойную нейросеть, содержащую 1 вход и 4 выхода [1,2,3]. На вход подается массив данных для прогнозирования действия, позволяют создавать системы, эффективно реагирующие на динамические изменения среды. Такая сеть работает по принципу «Победитель получает всё» [1,2]. Подобные нейросети демонстрируют высокую эффективность, успешно перенося опыт на новые ситуации, что соответствует трендам к персонализации опыта и увеличению повторного прохождения продуктов [3].

Обучение классической нейросети происходит быстро благодаря небольшому количеству параметров для настройки. В качестве функции активации часто используется сигмоида,

$$\sigma(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (1)$$

которая ограничена двумя асимптотами $y = 0$ и $y = 1$, что позволяет выдавать точный результат и имеет плавный градиент, предотвращающий «промахи» [5,9]. Также используется гиперболический тангенс.

$$\tanh(z) = \frac{2}{1 + e^{-2z}} - 1 \quad (2)$$

который имеет диапазон $-1 < y < 1$. Эти функции помогают плавно регулировать выходные сигналы. Однако, существует вероятность ошибочных срабатываний, в итоге чего персонаж выбирает неадекватные действия. Это связано с ограниченной способностью сети обобщать полученный опыт [4,5,9].

В свою очередь, более современные аналоги, такие как многослойные сети, демонстрируют лучшую обучаемость за счет наличия скрытых вычислительных слоев. Эти слои извлекают из полученных данных основные признаки и передают в следующий блок. Нейроконтроллеры на основе таких сетей могут обрабатывать более сложные сценарии и уменьшать количество ошибок в поведении персонажа. Несмотря на то, что такие нейроконтроллеры обладают повышенными требованиями к ресурсам и времени обучения, их

применение оправдано в проектах, где требуется реалистичное поведение.

Например, трехслойная сеть со скрытым слоем из 8 нейронов, которую используют в средах разработки игр, таких как Unreal Engine и Unity, улучшает распознавание сложных игровых ситуаций. При управлении ботом в игре такая система может одновременно анализировать множество параметров - наличие боеприпасов, количество очков здоровья и позиции нескольких противников. В этом случае обработка информации происходит последовательно: входные данные преобразуются в скрытом слое, что позволяет выявлять неочевидные зависимости [8]. Обучение такой сети требует в 3-4 раза больше вычислительных ресурсов по сравнению с классическим нейроконтроллером, но точность принятия решений возрастает при этом на 40-50%.

В то же время, нейроконтроллеры на основе сетей с двумя скрытыми слоями, содержащими по 12 и 6 нейронов соответственно, демонстрируют еще более высокую адаптивность к игровым ситуациям. В стратегиях реального времени они координируют группы персонажей, оценивая тактические преимущества и долгосрочные последствия действий [8, 10]. В качестве функции активации здесь часто применяется ReLU (Rectified Linear Unit – нелинейная функция активации),

$$ReLU(n) = \max(0, n) \quad (3)$$

Такая функция ускоряет обучение без эффекта насыщения. При этом обеспечивается уменьшение количества случаев принятия неверных решений в нестандартных ситуациях, что важно для сложных игровых сценариев [4,5,9]. С другой стороны, время обучения при этом возрастает на 70-80%. Однако, используемые функции активации имеют ряд недостатков. Так, при использовании сигмоиды в некоторых случаях существенно возрастает время обучения (например, в глубоких сетях). В свою очередь, ReLU помогает избежать насыщения, но только для положительных входных значений. Однако, нейроны могут стать неактивными, если их входные данные постоянно отрицательны (Такую ситуацию называют «Dying ReLU»), что тоже препятствует процессу обучения.

Вместе с тем, нейроконтроллеры на основе гибридных архитектур объединяют сверточные слои, которые применяют к полученным данным математические функции, а также полносвязные слои, в которых каждый нейрон связан со всеми предыдущими, что обычно используется в конце сети для обработки окончательных результатов

[6]. Например, при управлении персонажем игры в жанре RPG (Role-Playing Game) сеть может параллельно анализировать мини-карту, инвентарь и состояние квестов. Каждый тип информации в этом случае обрабатывается специализированными слоями, результаты обработки передаются в выходной слой, тем самым определяя поведение персонажа. Такие системы требуют значительное, по сравнению с предыдущими рассмотренными, количество вычислительной мощности для обучения. В то же время, они обеспечивают гибкость поведения, приближаясь к человеческому уровню принятия решений в сложных игровых процессах. Сравнительный анализ рассмотренных типов нейроконтроллеров приводится в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ рассмотренных типов нейроконтроллеров

Характеристика	Классический нейроконтроллер	Трехслойная сеть с одним скрытым слоем	Сеть с двумя скрытыми слоями	Гибридная сеть полносвязные + сверточные слои
Архитектура	Вход → 4 выхода	Вход → Скрытый слой → Выход	Вход → Скрытый слой (12 нейр.) → Скрытый слой (8 нейр.) → Выход	Визуальный вход обрабатывается CNN, затем полносвязными слоями.
Модель обучения	Обратное распространение ошибки (Backpropagation) с сигмоидальной активацией и стохастическим градиентным спуском	Backpropagation + SGD / Adam	Backpropagation + оптимизаторы (Adam, RMSProp)	Backpropagation с использованием методов глубокого обучения (обычно Adam)
Затраты ресурсов	Очень низкие (десятки–сотни параметров)	Низкие (~100–200 параметров)	Умеренные (~300–500 параметров)	Высокие (десятки–сотни тысяч параметров при использовании CNN)
Время обучения	Секунды–минуты на простых задачах	Минуты–десять минут	Десятки минут – часы	Часы–дни
Функции активации	Сигмоида, гиперболический тангенс	Сигмоида, ReLU гиперболический тангенс	Сигмоида, ReLU гиперболический тангенс	ReLU в сверточных и скрытых слоях

Игровые ИИ работают в замкнутой среде с четкими состояниями, что не подходит для ситуаций с увеличением количества переменных в процессе использования, поэтому их принципы можно использовать в системах с фиксированными входными данными [10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моделирование поведения агентов для реализации игрового искусственного интеллекта / А. О. Анохин, Н. П. Садовникова, А. В. Катаев, Д. С. Парыгин. — Текст: непосредственный // ПРИКАСПИЙСКИЙ ЖУРНАЛ: управление и высокие технологии. — 2020. — № 2. — С. 50.

2. Джонс М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях / М. Тим Джонс; Пер. с англ. Осипов А. И. — М.: ДМК Пресс, 2018. — 312 с

3. Пеганов, Н. А. Использование нейросетей в компьютерных играх / Н. А. Пеганов. — Текст: непосредственный // Международный научный журнал "Вестник науки". — 2025. — № 6. — С. 87.

4. Снопкова, И. А. исследование влияния функции активации на эффективность работы сети при различных подходах к обучению / И. А. Снопкова, Д. А. Тауснев. — Текст: непосредственный // Актуальные проблемы космонавтики. — 2020. — № 2. — С. 87.

5. Малышев, А. Н. Обзор некоторых активационных функции математического нейрона / А. Н. Малышев, Е. А. Данилов. — Текст: непосредственный // Научное обозрение. Педагогические науки.. — 2019. — № 3. — С. 39–43.

6. Сравнение полносвязной сети и сверточной нейросети. — Текст: электронный // Habr: [сайт]. — URL: <https://habr.com> (дата обращения: 24.10.2025).

7. Информационно аналитическая система системного анализа и прогнозирования развития АПК. — Текст : электронный // Habr : [сайт]. — URL: <https://habr.com> (дата обращения: 24.10.2025).

8. Обзор типов искусственных нейронных сетей и методов их обучения.. — Текст : электронный // ГekoMC : [сайт]. — URL: <https://gekoms.org> (дата обращения: 24.10.2025).

9. Практики реализации нейронных сетей. — Текст: электронный // ИТМО : [сайт]. — URL: <https://neerc.ifmo.ru> (дата обращения: 24.10.2025).

10. Разработка концепции мультиагентного подхода к кодированию видеоданных / О. Н. Стеценко, А. М. Хлопов, Д. И.

УДК 62-405.6

Волобуев В.Р.

Научный руководитель: Дубинин Н.Н., д-р техн. наук, проф.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЯКОВЛЕВСКОГО ГОКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

В статье рассматривается возможность использования отходов обогащения Яковлевского горно-обогатительного комбината (Яковлевский ГОК, Белгородская область) в производстве строительных композитов. Проведено исследование физико-химических свойств хвостов обогащения железных руд и их влияние на характеристики опытных образцов строительных материалов. Полученные результаты подтверждают возможность частичного замещения минерального наполнителя отходами обогащения при сохранении нормативных свойств по прочности и водопоглощению.

Горнодобывающая промышленность является источником значительных объемов отходов, формируемых при добыче и обогащении железных руд. На Яковлевском ГОК ежегодно образуются десятки тысяч тонн хвостов, требующих размещения в отвалах. Это приводит к отчуждению земель, пылевым выбросам и загрязнению водных ресурсов.

Одним из перспективных направлений переработки таких отходов является их использование в строительной индустрии — в производстве композитов, бетонов и сухих смесей. Применение техногенного сырья позволяет снизить себестоимость продукции и сократить экологическую нагрузку на окружающую среду.

В соответствии с данными Отчета об устойчивом развитии ПАО «Северсталь» за 2024 год, в состав компании входит дивизион «Северсталь Ресурс», объединяющий горнодобывающие активы, включая ООО «Яковлевский ГОК» (Белгородская область).

На долю предприятий этого дивизиона приходится около 96 % всех отходов компании, при этом более 90 % относятся к практически

неопасным (V класс опасности) и представлены вскрышными породами и хвостами обогащения.

Цель исследования — изучить возможность использования отходов обогащения Яковлевского ГОКа в качестве минерального наполнителя строительных композитов.

Ранее в работах [1–3] отмечалось, что железорудные хвосты обладают высоким содержанием SiO_2 и Fe_2O_3 , что делает их потенциально пригодными для использования в строительных материалах. Зарубежные исследования показали, что добавление до 20–30 % хвостов в бетон не снижает прочностные характеристики при правильном подборе фракционного состава.[4] На отечественных предприятиях аналогичные эксперименты ведутся с отходами Лебединского и Михайловского ГОКов. Согласно отчету «Северстали» за 2024 год, общий объем отходов обогащения железных руд составил около 30 млн тонн, что указывает на высокий потенциал их вторичного использования.

Компания реализует комплексную программу по управлению отходами и гидротехническими сооружениями, направленную на предотвращение аварийных ситуаций в хвостохранилищах и развитие технологий оборотного водоснабжения [7].

Таблица 1 – Химический состав отходов обогащения Яковлевского ГОКа

Показатель	Содержание, %
Fe_2O_3	32.4
SiO_2	41.7
Al_2O_3	8.5
CaO	5.3
MgO	2.1
Прочие (MnO , S, P_2O_5 и др.)	10.0

Таблица 2 – Влияние содержания отходов на свойства строительных композитов

Содержание отходов, %	Плотность, кг/м^3	Прочность на сжатие, МПа	Водопоглощение, %
0 (контроль)	2300	38.5	5.6
10	2290	37.9	5.9
20	2265	36.8	6.1
30	2240	35.1	6.7

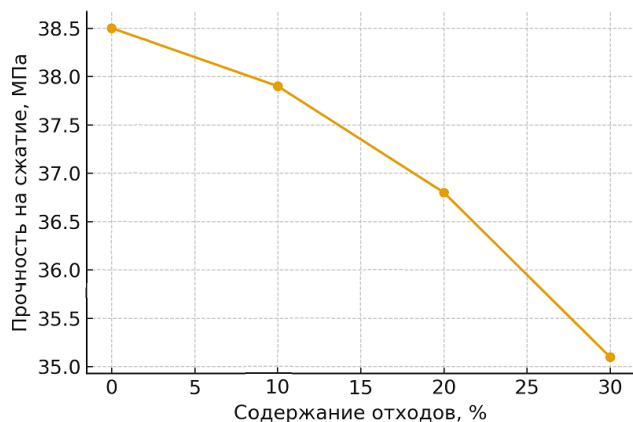


Рис. 1. Зависимость прочности от содержания отходов.

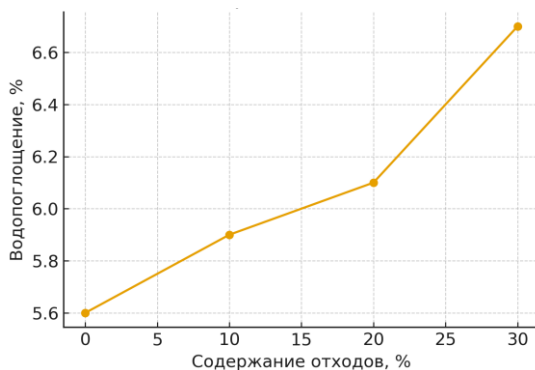


Рис. 2. Влияние содержания отходов на водопоглощение.

Дополнительно следует отметить, что в рамках корпоративной стратегии устойчивого развития ПАО «Северсталь» Яковлевский ГОК активно участвует в мероприятиях по снижению экологического воздействия.

В 2024 году на проекты, связанные с переработкой и утилизацией отходов, компания выделила 254 млн рублей, включая инвестиции в переработку шламов и развитие технологий утилизации хвостов.

Предложенная в данной работе технология использования отходов ГОКа для производства строительных композитов соответствует ESG-повестке компании и может рассматриваться как элемент стратегии по снижению объемов хвостов [7].

Включение технологии утилизации хвостов Яковлевского ГОКа в производство строительных материалов соответствует стратегии ПАО «Северсталь» по управлению отходами и экологической безопасности. С учетом низкого класса опасности хвостов и их значительных объемов (до 30 млн тонн в год) внедрение предложенного подхода позволит достичь целей устойчивого развития и повысить эффективность ресурсопользования компании.

В результате исследования установлено, что отходы обогащения Яковлевского ГОКа, содержащие значительное количество силикатных соединений, могут эффективно использоваться в строительных композитах. Замещение до 20 % природного песка такими отходами не оказывает существенного влияния на прочность и водопоглощение материалов, при этом позволяет снизить себестоимость производства на 8–10 % и сократить объемы складированных хвостов. Данные результаты подтверждают экономическую и экологическую целесообразность применения отходов ГОКа, однако требуется проведение дальнейших исследований для оценки долговечности и морозостойкости композитов с их использованием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабушкин В.И., др. Переработка техногенных отходов горнодобывающей промышленности / В.И. Бабушкин и др. // Недра. — 2021. — С. 1–312.
2. Коваленко С.А., Григорьев А.П. Использование железорудных хвостов в строительных материалах / С.А. Коваленко, А.П. Григорьев // БГТУ. — Белгород, 2022. — С. 1–248.
3. Li Y., Zhang X., Wang J. Utilization of Iron Ore Tailings in Building Materials: A Review / Y. Li, X. Zhang, J. Wang // Construction and Building Materials. — 2023. — № 383. — С. 132–145.
4. Strokova V.V., Hmara N., Nelyubova V., Shapovalov N. Small architectural forms: composition and properties of concrete for their production // Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. 2021. V. 6. pp. a8-31.
5. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам / Госстандарт РФ // Стандартиформ. — М., 2013.
6. ГОСТ 12730.3-2020. Бетоны. Методы определения водопоглощения / Госстандарт РФ // Стандартиформ. — М., 2020.

7. Интегрированный отчет ПАО «Северсталь»: по Яковлевскому ГОК за 2024 г. / ПАО «Северсталь»: // Официальный сайт ПАО «Северсталь». — 2024.

УДК 621.793

Воронков И.Е.

Научный руководитель: Воронкова М.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АЭРОТЕРМОАКУСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Технический прогресс ужесточает требования к свойствам металлов и сплавов. Чтобы повысить их эксплуатационные характеристики инженеры прибегают не только к традиционным методикам, но и к инновационным разработкам, которые зачастую основаны на комплексном подходе.

Управление основными механическими свойствами металлов и сплавов, такими как твердость, износостойкость, пластичность, хладостойкость и коррозионная стойкость, с помощью мощных акустических полей представляется перспективным направлением. Данный метод основан на целенаправленном вызывании структурных и фазовых превращений в материале.

Комбинированное влияние на инструментальные материалы реализуется методом аэротермоакустической обработки (АТАО). Данная технология использует одновременное применение температурных и акустических полей для целенаправленного изменения свойств материала. Это позволяет модифицировать свойства материала как в объеме (где глубина упрочнения определяется прокаливаемостью стали), так и на поверхности – благодаря созданию оксидных структур или предварительной химико-термической обработке.

Аэротермоакустическая обработка (АТАО) — это специализированный вид термообработки, проводимой в мощном акустическом поле звуковых частот при одновременном обдуве потоком газа. При этом скорость газового потока колеблется от десятков до нескольких сотен метров в секунду. Дополнительный эффект достигается за счет охлаждения металла в расширяющемся газовом потоке до отрицательных температур, что реализует принципы криогенной обработки.

Для проведения аэротермоакустической обработки (АТАО) применяется комплекс технологического оборудования, ключевыми элементами которого выступают электропечи мощностью 4-5 кВт и газоструйные генераторы звука.

На сегодняшний день существует несколько разновидностей газоструйных генераторов звука, среди которых — динамические и статические сирены (свистки). Однако на производстве в технологических процессах наибольшее применение находят применение статические сирены.

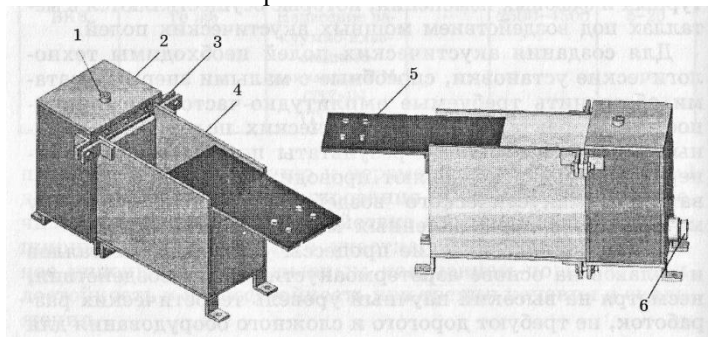


Рис. 1. Газоструйный генератор звука:

- 1 – штуцер для измерения давления; 2 – ресивер; 3 – щелевое сопло;
4 – резонатор; 5 – подвижный клин; 6 – штуцер для подвода воздуха

На рисунке 1 представлен один из вариантов такого генератора звука [1]. Конструкция генератора включает: ресивер 2, имеющие штуцер 6 для подачи сжатого газа, штуцер 1 для контроля давления газа, сопловой блок с плоским щелевым соплом 3 и резонатор 4 с клином 5, положение которого регулируется относительно сопла. Настройка газоструйного генератора звука осуществляется путем выбора положения клина, размеров критического сечения сопла и давления подачи рабочего газа. В случае подвижного дня резонатора при настройке генератора звука варьируется и этот параметр.

Процесс охлаждения в акустическом поле заключается в следующем: нагретую деталь размещают на дне резонатора, после чего включают подачу воздуха в ресивер. Проходя через плоское сопло, воздушная струя генерирует мощные звуковые волны. По истечении заданного времени подачу воздуха прекращают, и обработанную деталь извлекают из резонатора.

С целью снижения уровня шума монтаж газоструйного генератора можно осуществить в изолированном помещении (боксе) или оснастить его специальным звукоизолирующим кожухом.

Технология АТАО включает две ключевые стадии: нагрев заготовок до заданной температуры и их последующее охлаждение. Данная стадия охлаждения происходит в потоке газа под воздействием мощного акустического поля, характеризуемого дискретными частотами звукового диапазона и уровнем звукового давления 150-170 дБ, и может дополняться криогенным воздействием.

В промышленных условиях возможны следующие варианты технологических процессов, использующие операции стандартной термообработки и АТАО [2]:

- нагрев для закалки с последующим охлаждением в акустическом поле и стандартным отпуском;
- стандартная закалка, нагрев для отпуска с последующим охлаждением в акустическом поле;
- полная СТО, нагрев для отпуска с последующим охлаждением в акустическом поле.

В зависимости от размеров обрабатываемых деталей и поставленных технологических задач охлаждение нагретых изделий в условиях звукового поля и газового потока может осуществляться двумя способами [1]:

1. АТАО-1 – это метод, при котором охлаждение осуществляется непосредственно в резонаторе газоструйного генератора звука. Ключевыми особенностями режима являются максимальные значения звукового давления и низкие скорости газового потока.;
2. АТАО-2 – данный метод предполагает охлаждение в газоструйной системе с одновременным воздействием звуковых волн. Способ отличается средним уровнем звукового давления и высокой скоростью газового потока, что делает его предпочтительным для работы с крупногабаритными деталями.

Настройка режимов аэротермоакустической обработки, таких как температура, скорость охлаждения, скорость потока газа, амплитудно-частотные характеристики. Производится путем изменения геометрических параметров установки, подбором газо-теплоносителя (азот или воздух), временных интервалов воздействия и использования дополнительных охлаждающих агентов. Проведенные эксперименты по оценке эффективности охлаждающих сред в рамках АТАО демонстрируют, что скорость охлаждения может изменяться в широком

диапазоне — от значений, сопоставимых с охлаждением в техническом масле (при 200 °С), до скоростей, характерных для воздушного потока.

Применение водовоздушных смесей способствует более интенсивному теплоотводу и соответственно охлаждению.

Таким образом, аэротермоакустическая обработка позволяет модифицировать инструментальные материалы, т.к. данный метод направлен как на объемное упрочнение, так и на целенаправленное формирование свойств поверхностного слоя инструментальных материалов. Последнее имеет ключевое значение, поскольку именно поверхностные характеристики непосредственно определяют интенсивность износа и трения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьева, Г.А. Инструментальные материалы: учеб. пособие / Г.А. Воробьева, Е.С. Складнова, А.У.Леонов, В.К. Ерофеев. – СПб: Политехника, 2005. – 268с.

2. Звонцов, И. Ф. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие для вузов / И. Ф. Звонцов, К. М. Иванов, П. П. Серебrenицкий. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 696 с. – ISBN 978-5-507-44786-2. – URL: <https://e.lanbook.com/book/242990> (дата обращения: 08.10.2025). – Режим доступа: Электронно-библиотечная система Лань. – Текст: электронный.

3. Воронкова, М.Н. Инструментальные материалы и термическая обработка инструментов: учебное пособие / М.Н. Воронкова, А.В. Хуртасенко, Л.В. Мурыгина. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – 152с.

УДК 004.912

Воскобойников И. С.

Научный руководитель: Гвоздевский И. Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ В АРХИТЕКТУРЕ ОЗЁР ДАННЫХ

Архитектура озера данных в последние годы становится одним из ключевых подходов к хранению и обработке больших данных, в

том числе таких, которые не подчиняются заранее заданной структуре. Под неструктурированными данными понимаются данные, не организованные в фиксированную схему (например, текстовые документы, изображения, аудио- и видеозаписи), либо данные с крайне гибкой структурой (например, журналы событий, свободный текст).

По определению, озеро данных — это масштабируемый репозиторий, способный хранить данные в их исходном виде и поддерживать различные форматы: структурированные, полуструктурированные и неструктурированные.

В отличие от классического хранилища данных (data warehouse), где преобладает схема-на-запись (schema-on-write), архитектура озера данных часто реализует схему-при-чтении (schema-on-read) — то есть данные загружаются «как есть», а структура задаётся при чтении.

Типичные слои архитектуры озера данных включают:

- слой инжестии (ingestion) — загрузка данных из разнообразных источников;
- слой хранения (storage) — object storage или распределённая файловая система для хранения данных в сыром виде;
- слой обработки (processing) — преобразование, интеграция, очистка, подготовка данных;
- слой доступа (access/analytics) — предоставление возможностей аналитики, машинного обучения, визуализации.

В архитектурах озера данных также выделяют зоны (zones) или ступени (tiers) в зависимости от уровня подготовки данных (raw, refined, curated). Для неструктурированных данных особенно важны функции, связанные с метаданными, каталогизацией и управлением качеством (data governance), поскольку без адекватных механизмов они быстро превращаются в «озеро-болото» (data swamp).

При работе с неструктурированными данными в озёрах данных можно выделить несколько моделей обработки — от простого хранения до аналитики и интеграции. Ниже рассматриваются ключевые модели.

Сырой (raw) + преобразованный (refined) подход. В рамках зональной архитектуры предназначено хранить данные сначала в «сыром» виде (raw zone), затем постепенно преобразовывать и каталогизировать (refined/curated zone). Этот подход позволяет:

- сохранить исходный контекст и полноту неструктурированных данных;

- выполнять трансформации (например, извлечение текстовых признаков, векторизация изображений) при необходимости. Однако при этом возникают сложности с управлением метаданными, обеспечением качества и поиском нужных артефактов.

Схема-при-чтении (Schema-on-Read). Данный подход особенно подходит для неструктурированных данных: структура задаётся при потреблении данных, а не при загрузке.

Это даёт высокую гибкость, но требует мощных средств каталогизации и управления метаданными, поскольку без них данные становятся труднодоступными.

Метаданные и каталогизация. Для эффективной работы с неструктурированными данными в озере необходима система метаданных (data catalog), которая позволяет описывать содержание, происхождение, формат, связность данных. Например, в обзоре отмечается, что озёра данных призваны поддерживать поиск и исследование данных.

Метаданные позволяют организовывать неструктурированные файлы, например, изображения или текстовые документы, что облегчает дальнейшую обработку и интеграцию.

Извлечение структуры и семантики. Хотя данные изначально не структурированы, полезно извлечь из них структуру или семантические представления. Примером является исследование, применяющее методы формального анализа концептов (Formal Concept Analysis) внутри озера данных для упрощения структуризации полей.

Для текстовых или мультимедийных данных это могут быть такие методы как обработка естественного языка (NLP), извлечение объектов из изображений, векторизация и индексация.

Аналитика и машинное обучение. После того как данные подготовлены, они могут быть использованы в аналитических задачах либо в задачах машинного обучения/глубинного обучения. Озера данных позволяют агрегировать большие массивы неструктурированной информации, что открывает возможности для кластеризации, классификации и тематического анализа текста, распознавания изображений, анализа аудио и видео. Хотя прямые примеры из последних лет в открытом доступе ограничены, тенденция использования облачных решений и гибридных архитектур прослеживается.

Особенности в контексте децентрализованных систем хранения. Озеро данных может быть построено на основе децентрализованных

систем хранения — например распределённых файловых систем, облачных хранилищ, peer-to-peer сетей и т.п. В таких условиях добавляются следующие факторы:

- распределенность и гео-распределенность хранения данных;
- необходимость обеспечения консистентности метаданных управления каталогами в распределенной среде;
- необходимость обеспечения консистентности метаданных и управления каталогами в распределенной среде;
- вопросы безопасности, шифрования и контроля доступа - особенно важны при неструктурированных данных, содержащих чувствительную информацию;
- возможность хранить копии или фрагменты данных локально, а части – централизованно.

В архитектуре озера данных с децентрализованным хранением модели обработки неструктурированных данных должны учитывать масштаб, распределённость и асинхронность.

Пример схемы модели обработки. Ниже приведена упрощённая модель обработки неструктурированных данных в озере данных, адаптированная для децентрализованной среды:

Этап 1. Инжестия: загрузка файлов (изображения, тексты, аудио) в raw-зону объекта хранения;

Этап 2. Каталогизация: извлечение базовых метаданных (формат файла, размер, дата, источник) и регистрация их в распределённом каталоге;

Этап 3. Структуризация/семантическая обработка: применение NLP, OCR, извлечения изображений, векторизации, формирование представлений;

Этап 4. Индексация и хранение результатов: результаты обработки помещаются в refined-зону и могут быть сохранены в форматах, пригодных для аналитики;

Этап 5. Аналитика/машинное обучение: использование полученных представлений для кластеризации, поиска, тематического анализа, визуализации;

Этап 6. Обслуживание и управление: контроль качества, управление версиями, безопасность и политика доступа.

Эта модель позволяет гибко работать с неструктурированными данными, поддерживая децентрализованное хранение.

Архитектура озера данных предоставляет мощный фундамент для хранения и обработки неструктурированных данных, сочетая гибкость хранения в исходном виде с возможностями обработки и

аналитики. Успешная реализация таких систем особенно зависит от метаданных, каталогов, структуризации и управления качеством. При переходе к децентрализованным системам хранения необходима дополнительная проработка вопросов безопасности, распределённой каталогизации и устойчивости системы. В дальнейшем перспективно исследовать конкретные алгоритмы извлечения структуры из неструктурированных данных (например, на основе глубокого обучения) и их внедрение в децентрализованных средах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gandomi A., Haider M. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics // *International Journal of Information Management*. – 2015. – Vol. 35, No. 2. – P. 137–144.
2. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding // *Proceedings of NAACL-HLT 2019*. – 2019. – P. 4171–4186.
3. Reimers N., Gurevych I. Sentence-BERT: Sentence embeddings using Siamese BERT-networks // *Proceedings of EMNLP-IJCNLP 2019*. – 2019. – P. 3982–3992.
4. Фирова, Д. В. Обзор методов и средств извлечения числовых данных из неструктурированных документов на естественном языке / Д. В. Фирова, М. Ю. Барышникова // *Матрица научного познания*. – 2022. – № 2-1. – С. 56-71.
5. Михнев, И. П. Цифровые технологии Big Data в современном высшем образовании: технологии поиска и обработки неструктурированной информации / И. П. Михнев // *Преподавание информационных технологий в российской Федерации : Материалы Семнадцатой открытой Всероссийской конференции*, Новосибирск, 16–17 мая 2019 года / Ответственный редактор А. В. Альминдеров. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2019. – С. 326-329.
6. Гвоздецкий, И. Н. Разработка онтологий для функционирования распределённых вычислительных систем, основанных на агентном подходе / И. Н. Гвоздецкий // *Электронный научный журнал*. – 2016. – № 1(4). – С. 120-125.

Выхристюк М.Ю., Ляхова О.Р.

*Научный руководитель: Кадацкая Д.В., канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ ПОДХОДОВ К ПОСТРОЕНИЮ CRM-СИСТЕМ: МОНОЛИТ, МИКРОСЕРВИСЫ И ОБЛАЧНЫЕ РЕШЕНИЯ

В условиях цифровизации бизнеса CRM-системы стали одним из главных инструментов стратегического управления клиентскими отношениями. Они обеспечивают комплексную автоматизацию процессов, охватывающих продажи, обслуживание, аналитику и коммуникацию, формируя при этом единое информационное пространство. Тем не менее, с ростом требований к гибкости и к масштабируемости выбор архитектуры CRM-платформ становится достаточно важным. От выбранного решения напрямую зависит устойчивость, производительность и способность системы адаптироваться к изменениям рынка.

Многие компании сталкиваются с трудностями при внедрении или модернизации CRM. Монолитные платформы, хотя и просты в развертывании, часто становятся препятствием для развития. Связано это с тем, что любые изменения требуют комплексных обновлений, а масштабирование сопровождается ростом затрат и снижением гибкости. В результате бизнес теряет скорость реакции на изменения. А технологическая база перестает соответствовать стратегическим задачам организации [1].

Архитектура любой программной системы представляет собой набор проработанных решений, которые определяют ее внутреннее устройство, механизмы взаимодействия между компонентами, распределение информационных потоков и лежащую в основе технологическую инфраструктуру. В контексте CRM-платформ она задает логику модулей и адаптацию, готовность к интеграции с внешними сервисами.

Наиболее распространенными моделями являются монолитная, микросервисная и облачная (SaaS/PaaS). Каждая из них имеет свои собственные преимущества и ограничения, обусловленные различиями в подходе к разработке и эксплуатации.

Монолитная архитектура подразумевает, что все функциональные модули объединены в единое приложение, которое использует общую базу данных. Подобный подход традиционно применялся в ранних версиях корпоративных систем.

Основное преимущество заключается в простоте внедрения, предсказуемости поведения и минимизации первоначальных затрат на инфраструктуру. Однако по мере роста пользовательской нагрузки и усложнения требований к адаптивности выявляются его существенные ограничения. Любое, даже незначительное обновление системы требует полной остановки работы. Масштабирование функционала и производительности жестко привязано к физическим ресурсам сервера. По мнению специалистов, такая архитектура неизбежно становится «узким местом» при расширении бизнеса, поскольку любые изменения требуют вмешательства в общий код и усложняют сопровождение.

Микросервисный подход основан на разделении функциональности на независимые сервисы, которые взаимодействуют через стандартизированные интерфейсы API. Каждый микросервис берет на себя выполнение одной задачи. Он может масштабироваться и обновляться независимо от других. Такой подход обеспечивает высокую гибкость и ускоряет внедрение новых функций [2].

По данным портала *digiq*, компании, перешедшие на микросервисы, отмечают снижение времени на развертывание обновлений и рост отказоустойчивости систем [3].

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение микросервисной архитектуры требует значительных ресурсов. Она предполагает наличие развитой инфраструктуры, DevOps-команд и продуманной системы мониторинга. Также, повышается сложность обеспечения безопасности и согласования данных.

Облачные решения предоставляют CRM-функционал как готовый онлайн-сервис. Пользователь получает готовую платформу без необходимости администрировать серверы и базы данных. Главные преимущества данной модели – доступность из любой точки мира, быстрое внедрение, автоматическое обновление, а также отсутствие крупных затрат на приобретение оборудования.

Вместе с тем, облачные архитектуры порождают специфические риски. Прежде всего они связаны с высокой зависимостью от поставщика услуг и хранением важных данных на внешних, не принадлежащих компании серверах. Возникают вопросы информационной безопасности и соответствия законодательства о защите ПДн [4].

Проведем сравнительный анализ архитектурных подходов. Монолитные CRM-системы демонстрируют устойчивость и предсказуемость работы, но оказываются малоподходящими для динамично развивающейся организации, где требуется быстрая адаптация и интеграция с внешними сервисами.

Микросервисная модель, напротив, обеспечивает гибкость и масштабируемость. Она позволяет модернизировать систему без остановки работы, но требует серьезных вложений в инфраструктуру и компетенций команды.

Облачные решения занимают промежуточное положение. Они предлагают гибкость и низкий порог входа, но лишают компанию полного контроля над данными и зависят от стабильности услуг поставщика.

С точки зрения безопасности монолитные системы выигрывают при локальном размещении. Рассмотрим экономический аспект. Монолит выгоден при ограниченном бюджете, микросервисы требуют значительных стартовых инвестиций, а облачные CRM позволяют перейти на модель регулярной подписки, снижая единовременные затраты.

Можно сделать вывод, что микросервисные и облачные архитектуры становятся безусловно предпочтительными для компаний чей курс ориентирован на активный рост и цифровую трансформацию. Монолит же сохраняет свою актуальность лишь в условиях стабильных, медленно меняющихся бизнес-процессов.

Современные тенденции отчетливо указывают на переход от традиционных архитектурных моделей к более сложным и адаптивным решениям. Все шире внедряются технологии контейнеризации, которые обеспечивают необходимый уровень масштабируемости и управляемости для сложных микросервисных систем.

Особое внимание привлекает концепция Composable CRM. Она предполагает построение системы из независимых функциональных блоков, которые можно конфигурировать под конкретные бизнес-задачи. Такой подход позволяет организациям быстро адаптировать CRM-платформу под изменяющиеся условия рынка [5].

Выбор архитектуры CRM определяет эффективность работы с клиентами и готовность компании к цифровой трансформации. Наблюдаемый переход от устаревающих монолитных решений к микросервисным и облачным моделям отражает стремление к гибкости, масштабируемости и снижению затрат.

В ближайшей перспективе следует ожидать дальнейшего доминирования гибридных архитектур. Они будут сочетать локально размещенные и облачные компоненты, а также более глубокую интеграцию CRM-систем с сервисами на базе ИИ и корпоративными аналитическими платформами. В итоге это сформирует единое, высокоинтеллектуальное цифровое пространство предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Медведева Т.И., Особенности управления трудовыми ресурсами в условиях цифровой трансформации бизнеса / Т.И. Медведева, Ю.И. Селиверстов // «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию российской академии наук» Сборник докладов Национальной конференции с международным участием. Том 17. Белгород: Изд-во Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 552–557.
2. Когда и как переходить с монолита на микросервисы. Предпосылки и общие понятия – Э. Режим доступа: <https://habr.com> (18.10.2025)
3. CRM Microservices: Why Smart Businesses Are Switching – Э. Режим доступа: <https://digiqt.com> (19.10.2025)
4. Облачная CRM-система: что это такое? – Э. Режим доступа: <https://sbercrm.com> (19.10.2025)
5. API-First Composable CRM: The Definitive Guide to Future-Proofing Your CX Architecture – Э. Режим доступа: <https://www.developers.dev> (20.10.2025)

УДК 004.032.26

Галкина Э.Е., Галкина Ю.Е.

***Научный руководитель: Черноситова Е.С., канд. тех. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В ЛАБОРАТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Нейронные сети сегодня всё чаще становятся частью лабораторной практики, особенно в условиях, когда объём данных растёт быстрее, чем возможности человека по их анализу. По сути, нейросеть – это

математическая модель, вдохновлённая устройством человеческого мозга. Она состоит из множества взаимосвязанных элементов – искусственных «нейронов», которые обучаются на примерах, выявляют закономерности и делают выводы. Если раньше подобные технологии воспринимались как нечто далёкое от реальной науки, то теперь они всё чаще находят применение именно там, где важны точность, повторяемость и объективность – то есть в лабораториях, работающих по стандарту ГОСТ ISO/IEC 17025 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

Развитие нейросетей началось с простых моделей, способных различать лишь базовые шаблоны, но сегодня их возможности впечатляют. Например, свёрточные нейронные сети (CNN) (рис. 1) широко применяются для анализа изображений [2]. В лабораториях они помогают автоматизировать обработку микроскопических снимков, распознавать клетки, дефекты или неоднородности структуры материалов.

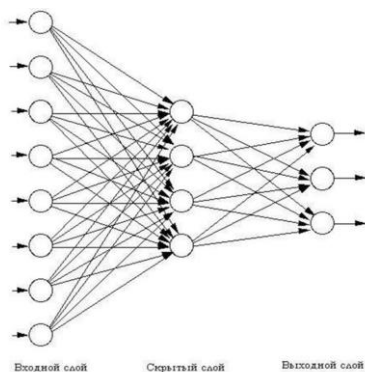


Рис. 1 Архитектура свёрточной нейронной сети

Рекуррентные нейронные сети (RNN) работают с временными рядами, то есть с данными, которые изменяются во времени. Это позволяет использовать их для отслеживания стабильности оборудования, анализа колебаний температуры или давления в ходе эксперимента. Более современные трансформерные модели, такие как GPT или BERT, DeepSeek, предназначены для анализа текстовой информации [3]. В контексте лабораторной работы они могут помочь в обработке протоколов, составлении отчётов, поиске ошибок в документации и даже в систематизации накопленных данных.

Лабораторная деятельность – это не просто проведение анализов и измерений. Это строго регламентированный процесс, где важна каждая деталь: от состояния оборудования и квалификации персонала до правильного оформления документации и оценки рисков. Вся работа лабораторий, особенно тех, которые стремятся к аккредитации, подчинена требованиям стандарта ГОСТ ISO/IEC 17025. Этот документ задаёт чёткие правила того, как должны выполняться испытания и калибровки, чтобы результаты были достоверными, воспроизводимыми и прослеживаемыми.

Стандарт охватывает практически все аспекты деятельности: от отбора образцов и оформления методик до анализа неопределённости измерений и управления рисками. Каждое отклонение, каждая ошибка в расчётах или записи может привести к потере доверия со стороны заказчиков, органов аккредитации. Именно поэтому лабораторная деятельность требует не только высокой точности, но и дисциплины – как технической, так и организационной [5].

На этом фоне нейросети кажутся удобным инструментом, способным упростить многие процессы. Например, алгоритмы машинного обучения способны анализировать результаты испытаний и автоматически выявлять аномалии, которые не всегда заметны специалисту. Нейросеть может предложить наиболее подходящие нормативные документы (НД) на основе параметров испытания, автоматически проверяя их актуальность через базы данных Росстандарта или внутренние архивы предприятия. Её можно использовать и в управлении оборудованием для прогнозирования времени отказа, анализа стабильности метрологических характеристик или планирования калибровок. Всё это действительно повышает скорость и снижает нагрузку на персонал, особенно в больших лабораториях, где ежедневно обрабатываются десятки протоколов [4].

Однако за этими возможностями скрывается и другая сторона – серьёзные риски, особенно если подходить к внедрению технологий без должного контроля. Прежде всего, любая нейросеть работает только настолько качественно, насколько качественны данные, на которых она обучалась. Ошибки в исходных данных приводят к системным искажениям результатов. Например, если в обучающую выборку для анализа химического состава попадут устаревшие или неполные данные, нейросеть может неверно классифицировать вещества или предложить методику, не соответствующую действующим нормативам. Это не просто технический сбой, подобная ошибка нарушает

требования ГОСТ ISO/IEC 17025 к достоверности испытаний и может привести к потере аккредитации.

Не менее сложен вопрос применения нейросетей при управлении рисками. Формально алгоритмы действительно могут обрабатывать большие объёмы информации и выявлять закономерности, но они не способны учитывать контекст – человеческий фактор, условия эксплуатации оборудования, особенности лабораторного процесса. Так, система может посчитать риск отказа прибора низким, если в её данных отсутствует информация о недавнем скачке напряжения или перегреве, о котором известно только оператору. В результате нейросеть создаёт иллюзию контроля, но реальную ситуацию оценивает неправильно.

Ещё один проблемный момент связан с документацией. Согласно ГОСТ ISO/IEC 17025, каждая запись в лабораторной системе должна быть прослеживаема, а каждое решение – обосновано. Нейросеть же зачастую функционирует как «чёрный ящик»: она выдаёт ответ, но не объясняет, почему именно такой. В случае аудита или проверки лаборатория не сможет аргументировать выбор методики, если его сделал алгоритм без прозрачной логики. Это подрывает саму основу системы менеджмента качества – принцип доказательности.

Кроме того, чрезмерное внедрение нейросетей может негативно сказаться на профессиональной компетенции сотрудников. Когда человек перестаёт анализировать результаты самостоятельно и полностью полагается на алгоритм, теряется навык критического мышления и понимания сути процессов. В долгосрочной перспективе это приведёт к тому, что лаборатория станет зависимой от технологий, а не от знаний специалистов.

Существует и организационный риск: использование нейросетей требует постоянного обновления данных, технического сопровождения и защиты информации. Неправильно настроенный или несертифицированный софт может стать уязвимостью, а в случае сбоя – привести к потере ценных данных или нарушению принципа конфиденциальности.

Таким образом, внедрение нейросетей в лабораторную практику – процесс неоднозначный. С одной стороны, это инструмент, способный облегчить обработку данных, повысить оперативность принятия решений и уменьшить влияние человеческого фактора. С другой, это источник потенциальных ошибок, нестыковок и этических проблем, особенно в среде, где от каждой цифры зависит достоверность результатов. Поэтому интеграция нейросетей в лабораторные процессы должна происходить только после тщательной валидации, с чётко

прописанными границами ответственности и при сохранении приоритета человеческого контроля. ГОСТ ISO/IEC 17025 не исключает использование искусственного интеллекта, но требует доказательства того, что применяемые методы не нарушают принципы точности, воспроизводимости и прослеживаемости.

В конечном итоге нейросеть в лаборатории может быть полезна – но только как инструмент в умелых руках, а не как заменитель профессионального мышления. Она может помочь обработать данные, но не должна подменять собой эксперта. Там, где на кону стоит научная достоверность, именно человек остаётся главным звеном, способным оценить не только цифры, но и смысл, контекст и последствия каждого решения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ ISO/IEC 17025–2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Введ. 01.05.2020. – М.: Стандартиформ, 2020. – 37 с.

2. Воронов А. В., Григорьев А. С., Телегин А. В. Применение нейронной сети прямого распространения для решения инженерных задач // Труды МАИ. – 2021. – №118. – URL: <https://trudymai.ru> (дата обращения: 16.10.2025).

3. Козлова Е. А., Сафронов И. П. Нейронные сети: особенности, тенденции развития // Инновационная наука. – 2022. – №3. – С. 45–52. – URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 16.10.2025).

4. Песчанская Ю. А., Черноситова Е. С. Проблемы внедрения корпоративной информационной системы на предприятии // Современные материалы, техника и технология: 9-я Междунар. науч.-практ. конф. (Курск, 28 декабря 2019 г.): сб. науч. трудов. Т. 2. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2019. – С. 390–395.

5. Рекомендации для испытательных лабораторий по переходу на ГОСТ ISO/IEC 17025 – 2019 // Измерительная техника и метрология. – 2020. – №4. – С. 22–30. – URL: <https://www.zldm.ru> (дата обращения: 16.10.2025).

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Современные мегаполисы сталкиваются с беспрецедентными вызовами: перенаселенностью, транспортными коллапсами, истощением ресурсов и экологическими проблемами. Ответом на эти вызовы стала глобальная концепция "умного города" (smart city), в основе которой лежит глубокая интеграция цифровых технологий в городскую инфраструктуру. "Умный город - это не просто город с цифровыми технологиями, а экосистема, где информационно-коммуникационные технологии взаимодействуют с физическими объектами для повышения качества жизни горожан и устойчивости городской среды" [1]. Этот переход от традиционного управления к управлению, основанному на данных, кардинально меняет принципы функционирования транспорта, энергетики, жилищно-коммунального комплекса и систем общественной безопасности.

1. Технологический фундамент умного города

Преобразование городской инфраструктуры было бы невозможно без ряда ключевых технологий.

Интернет вещей (IoT): Сеть interconnected датчиков, установленных на объектах инфраструктуры (фонарных столбах, мусорных баках, трубах водоснабжения, транспортных средствах), позволяет в режиме реального времени собирать данные о состоянии городской среды. По прогнозам компании Gartner, к 2025 году в мире будет насчитываться более 25 млрд подключенных IoT-устройств, значительная часть которых будет сосредоточена в городах.

Большие данные и искусственный интеллект (ИИ): Поток данных от IoT-устройств, видеокамер и социальных медиа образуют "сырую нефть" умного города. "Искусственный интеллект и машинное обучение выступают в роли "нефтеперерабатывающего завода", превращающего большие данные в полезные инсайты и прогнозы" [2]. Например, в Сингапуре система виртуального моделирования города (Virtual Singapore) на основе данных и ИИ позволяет тестировать градостроительные решения и моделировать распространение вирусов.

Геоинформационные системы (ГИС): Эти системы обеспечивают пространственную привязку данных, создавая цифровые двойники городов. Это позволяет визуализировать проблемы, анализировать пространственные взаимосвязи и принимать более обоснованные решения в области землепользования и планирования.

2. Трансформация ключевых секторов городской инфраструктуры

2.1. Интеллектуальные транспортные системы (ИТС)

Транспорт - одна из самых болезненных тем для любого крупного города. Цифровые технологии предлагают комплексные решения.

Адаптивное управление светофорами: В таких городах, как Лондон и Москва, внедрены системы, которые анализируют плотность traffic flow в реальном времени и автоматически подстраивают длительность светофорных циклов. В Москве, по данным Департамента информационных технологий, внедрение ИТС позволило снизить среднее время поездки по городу на 15-20%.

Умный паркинг: Датчики в асфальте парковочных мест передают информацию о свободных местах на мобильные приложения водителей. Это сокращает время поиска парковки, что, по исследованию IBM, составляет в среднем до 20% от всего городского трафика.

Мультимодальные и каршеринговые сервисы: Приложения типа "Яндекс.Карты" или Citymapper объединяют данные об общественном транспорте, такси, каршеринге и самокатах, позволяя пользователю построить оптимальный маршрут с использованием разных видов транспорта. "Цифровые платформы трансформируют не только бизнес-модели, но и потребительские привычки, создавая новую культуру мобильности" [3].

2.2. Энергоменеджмент и умные сети (Smart Grid)

Повышение энергоэффективности - критически важный аспект устойчивого развития.

Умное уличное освещение: Фонари с датчиками движения и освещенности автоматически регулируют яркость, экономя до 50-70% электроэнергии. В Барселоне внедрение такой системы позволило сэкономить более 30 млн евро в год.

Интеллектуальные системы учета (Smart Metering): "Умные" счетчики воды и электроэнергии передают показания автоматически, позволяют обнаруживать утечки и дают потребителям детальную информацию о режимах потребления для их оптимизации.

2.3. Цифровизация жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ)

ЖКХ - это та сфера, где цифровизация ощущается гражданами напрямую.

Предиктивная аналитика для ремонта: Анализ данных о возрасте, материале и нагрузке на инженерные сети (водопровод, теплосети) позволяет прогнозировать аварии и планировать превентивный ремонт, а не реагировать на последствия.

Умное управление отходами: Датчики наполненности в мусорных контейнерах позволяют оптимизировать маршруты и график вывоза мусора. В ряде городов США такая практика позволила сократить количество мусоровозов на 20% и снизить выбросы CO₂.

2.4. Общественная безопасность и взаимодействие с горожанами

Системы "Безопасный город": Сети камер видеонаблюдения с функцией видеоаналитики (распознавание лиц, номеров, оставленных предметов) помогают правоохранительным органам предотвращать и раскрывать преступления. В Китае такие системы широко используются для контроля за общественным порядком.

Цифровые платформы для обратной связи: Порталы и приложения, такие как "Активный гражданин" в Москве или "Народный контроль", позволяют жителям напрямую сообщать о проблемах (ямах на дорогах, неубранном мусоре) и участвовать в принятии управленческих решений через голосования.

3. Вызовы и риски цифровизации городской инфраструктуры

Несмотря на очевидные преимущества, масштабная цифровизация несет в себе серьезные риски.

Кибербезопасность: Чем "умнее" становится город, тем он более уязвим для кибератак. Взлом систем энергоснабжения, водоснабжения или транспорта может парализовать жизнь мегаполиса. "Цифровая трансформация бизнеса и городской среды требует принципиально нового подхода к управлению рисками, где кибербезопасность становится не технической, а стратегической задачей" [4].

Цифровое неравенство: Доступ к благам умного города (например, к госуслугам или умным сервисам) может быть ограничен для пожилых людей или малообеспеченных слоев населения, не имеющих смартфонов или цифровых навыков.

Конфиденциальность данных: Повсеместный сбор данных о передвижениях, привычках и предпочтениях горожан создает угрозу создания системы тотального наблюдения.

Цифровые технологии стали неотъемлемым инструментом модернизации городской инфраструктуры, открывая путь к созданию более эффективных, безопасных и комфортных для жизни городов. Однако этот путь сопряжен с комплексом вызовов, главными из которых являются обеспечение кибербезопасности, защита

приватности и преодоление цифрового разрыва. Успех цифровой трансформации будет зависеть не только от технологических инноваций, но и от сбалансированной государственной политики, открытого диалога с обществом и инвестиций в человеческий капитал. "Влияние искусственного интеллекта и других цифровых технологий на эффективность экономических систем, в том числе городских, только начинается, и его полный потенциал еще предстоит раскрыть" [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдрахманова, Г. И. Цифровая экономика: показатели и методы измерения / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др. - М.: Издательский дом НИУ ВШЭ, 2023. - 252 с.
2. Быченков, О. Ю. Цифровая трансформация бизнеса: технологии и стратегии / О. Ю. Быченков. - СПб.: Питер, 2022. - 288 с.
3. Иванова, М. А. Экономика цифровых платформ: учебное пособие / М. А. Иванова. - М.: КноРус, 2021. - 198 с.
4. Кестер, Я. М. Цифровые финансы и финтех: новые вызовы и возможности / Я. М. Кестер. - М.: Издательство "Экономика", 2020. - 310 с.
5. Листровая, Е. С. Интеграция ИТ-технологий с образовательным процессом обучения экономических дисциплин / Е. С. Листровая, Д. Н. Старченко // Педагогическая инноватика и непрерывное образование в XXI веке: сборник трудов второй международной научно-практической конференции. - Киров, 2024. - С. 565-567.

УДК 37

Гладких М.А. Старченко Д.Н, Рога С.Н.
Научный руководитель: Листровая Е.С., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОБРАЗОВАНИЕ В ВУЗАХ В БЛИЖАЙШЕЕ БУДУЩЕЕ: ЦИФРОВЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ

Цифровые трансформации в высшем образовании очень будут важны, и будут определять будущее вузов. Внедрение онлайн-платформ, искусственного интеллекта, виртуальной реальности и других технологий, что важно отметить, меняет подходы к обучению в

университетах. Образование становится более гибким. Можно более гибко подойти к персонализации обучения. Студентам эти нововведения очень нравятся. Однако не все студенты имеют хороший интернет и оборудование и могут организовать свое дистанционное рабочее место. Нужно подготовить и адаптировать преподавателей и проработать этические вопросы.

Высшее образование будет меняться и становиться более гибким. Оно станет учитывать потребности работающих студентов. По данным исследования HolonIQ, к 2030 году мировой рынок образовательных технологий (EdTech) достигнет \$10 трлн, это говорит о потребности людей в цифровых решениях в образовании. Университеты, которые вовремя сориентируются в текущей обстановке и смогут адаптироваться к этим изменениям, выиграют относительно других вузов, получат новых студентов, улучшение качества обучения и клиентов из-за рубежа.

Основные тенденции цифровой трансформации в вузах.

А. Онлайн-обучение и гибридные форматы:

-Данным тенденциям сильно способствовала пандемия COVID-19. Она послужила катализатором перехода к дистанционному-обучению. По данным UNESCO, в 2020 году более 1,6 миллиарда студентов по всему миру перешли на дистанционное обучение.

-Гибридные форматы, сочетающие онлайн и офлайн-обучение, становятся новой нормой. Например, Гарвардский университет уже предлагает более 80% курсов в гибридном формате.

-"Онлайн-образование - это не временное явление, а новая реальность, которая изменит высшее образование навсегда" (Джон Хеннесси, бывший президент Стэнфордского университета).

В. Искусственный интеллект (ИИ) в образовании:

-ИИ используется для персонализации обучения, анализа данных студентов и автоматизации рутинных задач. Например, платформа Carnegie Learning помогает студентам изучать математику, адаптируя задания под их уровень знаний.

-По данным ResearchAndMarkets, рынок ИИ в образовании к 2027 году достигнет \$25,7 млрд [1].

-В Университете Джорджии ИИ используется для прогнозирования успеваемости студентов, что позволяет вовремя оказывать помощь отстающим.

С. Виртуальная и дополненная реальность в наши дни (VR/AR):

-VR/AR технологии (очень интересные для студентов) позволяют создавать immersive-опыт, который делает обучение более наглядным и

увлекательным. И это очень здорово. Например, медицинские вузы используют VR для проведения виртуальных операций.

-Согласно отчету Goldman Sachs, к 2025 году рынок VR/AR в образовании составит \$700 млн.

-В Стэнфордском университете студенты изучают историю, "посещая" древние города с помощью VR.

D. Цифровые кампусы и умные классы:

-Цифровые кампусы объединяют все аспекты студенческой жизни - от обучения до проживания - в единой онлайн-платформе.

-Умные классы, оснащенные интерактивными досками, планшетами и системами видеоконференций, становятся стандартом в современных вузах.

-В Сингапурском университете технологии используются для создания "умных" аудиторий, где студенты могут взаимодействовать с преподавателями и материалами в режиме реального времени.

Преимущества цифровых трансформаций в вузах.

-Доступность: Онлайн-курсы и цифровые платформы делают высшее образование доступным для студентов из удаленных регионов и стран с низким уровнем дохода.

-Coursera сотрудничает с более чем 200 университетами, предлагая курсы студентам из 190 стран [2].

-Гибкость: Студенты могут учиться в удобное время, совмещая образование с работой или другими обязанностями.

-В Массачусетском технологическом институте (MIT) более 60% студентов используют онлайн-курсы для дополнительного обучения.

-Персонализация: ИИ и адаптивные технологии позволяют учитывать индивидуальные потребности каждого студента.

-Согласно исследованию McKinsey, персонализированное обучение повышает успеваемость на 30%.

-Интерактивность: Виртуальные лаборатории, симуляции и геймификация делают обучение более engaging.

-В Университете штата Аризона студенты используют VR для изучения астрономии, "путешествуя" по космосу.

Вызовы и проблемы цифровой трансформации.

Цифровое неравенство:

-Не все студенты имеют доступ к необходимым устройствам и интернету.

-По данным UNICEF, около 1,3 миллиарда студентов во время пандемии не имели доступа к интернету для дистанционного обучения [3].

-Разрыв между развитыми и развивающимися странами в доступе к цифровым технологиям.

-В странах Африки к югу от Сахары только 22% вузов имеют доступ к высокоскоростному интернету.

Адаптация преподавателей:

-Не все преподаватели готовы к использованию новых технологий.

-Согласно исследованию OECD, только 43% преподавателей вузов чувствуют себя уверенно при использовании цифровых инструментов.

-Необходимость постоянного обучения и повышения квалификации.

-В Финляндии 90% преподавателей прошли курсы по цифровой грамотности.

Этические вопросы:

-Защита персональных данных студентов.

-В 2020 году произошло более 1 000 утечек данных в образовательных учреждениях.

-Риски чрезмерной автоматизации и потери человеческого фактора.

-"Технологии должны дополнять, а не заменять человеческое взаимодействие в образовании" (Салман Хан, основатель Khan Academy) [4].

Пути решения проблем.

Инвестиции в инфраструктуру:

-Обеспечение вузов и студентов доступом к интернету и устройствам.

-В рамках программы "Цифровая экономика" в России к 2024 году планируется обеспечить 100% вузов высокоскоростным интернетом.

-Обучение преподавателей: Проведение курсов и тренингов по использованию цифровых технологий.

-В Гарвардском университете создан Центр цифрового образования, который обучает преподавателей работе с новыми технологиями.

-Разработка этических стандартов: Создание нормативных документов для защиты данных и регулирования использования ИИ.

-В ЕС принят регламент GDPR, который регулирует использование персональных данных в образовательных целях [5].

Цифровые трансформации открывают новые возможности для высшего образования, делая его более доступным, гибким и персонализированным. Так же было бы своевременно вводить предметы по управлению искусственным интеллектом, например,

prompt инженеры. Хочется отметить, что при всей автоматизации учебной деятельности, личность преподавателя продолжает иметь решающее значение в мотивации и заинтересованности студентов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патаракин, Е. Д. Цифровые технологии в образовании: новые возможности и вызовы / Е. Д. Патаракин. - М.: Издательство "Образование и информатика", 2020. - 256 с.
2. Роберт, И. В. Теория и методика информатизации образования / И. В. Роберт. - М.: ИИО РАО, 2019. - 320 с.
3. Солдатова, Г. У., Шляпников, В. Н. Цифровая грамотность и безопасность в образовании / Г. У. Солдатова, В. Н. Шляпников. - СПб.: Питер, 2021. - 180 с.
4. Фрумин, И. Д., Добрякова, М. С. Цифровая трансформация образования: вызовы и решения / И. Д. Фрумин, М. С. Добрякова. - М.: Издательский дом ВШЭ, 2022. - 210 с.
5. Листровая, Е. С. Интеграция ИТ-технологий с образовательным процессом обучения экономических дисциплин / Е. С. Листровая, Д. Н. Старченко // Педагогическая инноватика и непрерывное образование в XXI веке: сборник трудов второй международной научно-практической конференции. - Киров, 2024. - С. 565-567.

УДК 004.9

Гоенко И. О

*Научный руководитель: Стативко Р. У., канд. техн. наук, доц.,
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ ПОВЕДЕНИЯ (BEHAVIOR TREES) И МОДЕЛЕЙ, ОСНОВАННЫХ НА ЦЕЛЯХ (GOAL-ORIENTED ACTION PLANNING), В ДИНАМИЧНЫХ ИГРОВЫХ СРЕДАХ

В сфере современных компьютерных игр, особенно в таких требовательных жанрах, как экшн, шутеры и тактические стратегии, наблюдается экспоненциальный рост требований к неигровым персонажам (NPC). От них ожидается не просто воспроизведение заданных алгоритмов, а демонстрация поведения, воспринимаемого игроком как рациональное, адаптивное и тактически выверенное.

Исторически для реализации этой функциональности применялись конечные автоматы (Finite State Machines, FSM). Однако их ингибирующая жесткость и присущая склонность к комбинаторному взрыву состояний стимулировали разработку более гибких методологий.

На сегодняшний день доминирующее положение занимают две архитектуры: Деревья Поведения (Behavior Trees, BT) и Планирование Действий на Основе Целей (Goal-Oriented Action Planning, GOAP). Первая отличается высокой модульностью, удобочитаемостью и реактивностью. Вторая способна генерировать уникальное, нелинейное поведение, необходимое для решения многоэтапных задач. Эффективность каждой из них существенно варьируется в зависимости от контекста применения. Целью данного исследования является проведение компаративного анализа BT и GOAP, с акцентом на их применимость в динамичных и непредсказуемых игровых средах.

Рассмотрим подробнее каждый из них.

Деревья Поведения (Behavior Trees)

Behavior Tree (BT) – это ориентированный ациклический граф, узлами которого являются возможные варианты поведения NPC. «Ширина» дерева указывает на количество доступных действий, а «длина» его ветвей характеризует их сложность. Ключевые категории узлов включают композитные узлы, такие как Sequence для логического "И" и Selector для логического "ИЛИ", которые определяют последовательность обхода дочерних узлов. Декораторы модифицируют исполнение дочернего узла, например, управляя повторением или инверсией условия. Наконец, листовые узлы представляют собой атомарные действия или проверки условий [1].

Центральное преимущество BT в динамических условиях — это реактивность. Механизм функционирует за счет непрерывного "тикования" дерева, начиная с корневого узла. Если в процессе выполнения какой-либо ветки условие становится ложным (например, преследуемый противник исчезает из поля зрения), дерево незамедлительно прерывает текущую последовательность действий и осуществляет рекалькуляцию ситуации с начальной точки. Это обеспечивает быструю адаптацию NPC к изменениям в игровом мире. Преимущества BT включают высокую производительность после компиляции, что критично для симуляции большого количества NPC. Также отмечается прозрачность и предсказуемость, так как дизайнер может легко интерпретировать и прогнозировать поведение, что упрощает отладку и балансировку. Модульность и возможность

повторного использования позволяют легко применять отдельные ветви дерева, например, "Укрыться от огня", для различных типов NPC. Наконец, ВТ обеспечивают оптимальную реактивность, что делает их идеальным выбором для сценариев, требующих мгновенного ответа на внешние стимулы.

Однако у ВТ есть и недостатки. Их гибкость ограничена, поскольку все потенциальные модели поведения должны быть предварительно запрограммированы дизайнером, и NPC не способен генерировать решения проблем, не предусмотренные в структуре дерева. Кроме того, для сложных NPC дерево может достигать значительных размеров, что усложняет его восприятие и модификацию, проявляя склонность к "разбуханию".

Goal-Oriented Action Planning (GOAP)

GOAP является методикой проектирования ИИ, при которой цепочка поведения агентов (NPC, абстрактных сущностей, "живых" препятствий) выбирается в реальном времени автоматически для удовлетворения цели [2]. В отличие от жестко заданных сценариев, GOAP динамически конструирует последовательность действий для достижения определенной цели. Ключевые компоненты включают цель, то есть желаемое состояние игрового мира (например, "Здоровье > 50%" или "Враг нейтрализован"), а также действия — элементарные операции, которые может выполнить NPC. Каждое действие характеризуется набором предусловий и эффектов. В итоге, планером генерируется план — цепочка действий, ведущая от текущего состояния мира к целевому.

Основное преимущество GOAP заключается в способности генерировать неочевидные решения. Планер, оценивая доступные действия и их эффекты, может синтезировать поведение, которое изначально не было предусмотрено разработчиком.

Преимущества GOAP включают гибкость и способность к emergent behavior, то есть адаптацию к непредвиденным обстоятельствам и генерацию креативных решений. База действий является компактной, поскольку отпадает необходимость в детальном описании каждого возможного поведения; достаточно атомарного набора действий. Высокая "кажушаяся интеллектуальность" делает поведение NPC более рациональным и менее предсказуемым для игрока.

Однако GOAP имеет и недостатки. Вычислительная сложность поиска плана, особенно при значительном количестве действий и целей, может быть ресурсоемким и неприемлемым для реального времени. Непредсказуемость и сложность отладки затрудняют балансировку

игрового процесса, так как дизайнеру сложно предугадать все возможные планы, генерируемые ИИ. Также существует проблема реактивности: если состояние игрового мира изменяется в процессе выполнения плана, весь план может утратить актуальность и потребовать полной перестройки, что приводит к задержкам.

Сравнительный анализ в динамичных средах

При сравнении Behavior Trees и Goal-Oriented Action Planning по ключевым критериям в динамичных средах, можно выделить следующие различия. В отношении реактивности, BT демонстрируют высокую скорость, обеспечивая мгновенное прерывание и переоценку ситуации, тогда как GOAP обладает низкой или средней реактивностью, требуя перепланирования при сбое. Тактическая глубина в BT является детерминированной и закладывается дизайнером, в то время как в GOAP она эмерджентна, то есть возникает из комбинации действий. Производительность BT стабильно высокая с быстрым исполнением, в то время как производительность GOAP переменна и зависит от сложности поиска плана. Контроль и предсказуемость в BT полные, так как дизайнер полностью контролирует поведение, а в GOAP они ограничены, поскольку поведение эмерджентно, что усложняет балансировку. Наконец, сложность реализации BT оценивается как низкая или средняя благодаря интуитивно понятной структуре, в то время как GOAP требует высокой сложности, обусловленной необходимостью сложного планировщика и настройки действий.

BT являются оптимальным выбором для противников в экшн-играх, где критична мгновенная реакция, например, уклонение от выстрела или инициация преследования. Они также хорошо подходят для стратегий реального времени, управляя юнитами низшего звена, и для сценариев, требующих жесткого контроля, таких как скриптовые сцены или фазовое поведение боссов.

GOAP идеально подходит для тактических симуляторов, подобных Rainbow Six или XCOM, где каждый ход требует комплексного многоэтапного планирования. Эта архитектура также эффективна для NPC с моделированием жизненных потребностей, например, в песочницах а-ля The Sims или RimWorld, где цели динамически сменяют друг друга. Наконец, GOAP применим в системах, где "интеллектуальность" и непредсказуемость поведения являются ключевой геймплейной ценностью.

Гибридные подходы

Современная парадигма в разработке игрового ИИ предполагает не дихотомический выбор между BT и GOAP, а их синергетическое

комбинирование. Наиболее эффективной часто признается гибридная модель.

Наиболее распространенная гибридизация заключается в том, что ВТ функционирует как "менеджер верхнего уровня", отвечающий за реактивность и селекцию текущей высокоуровневой цели. При этом GOAP или иной планировщик используется как "подчиненный сервис" для решения специфических сложных тактических задач.

В качестве примера гибридной архитектуры для солдата в тактическом шутере можно рассмотреть следующий сценарий. Верхний уровень, реализованный с помощью ВТ, может управлять такими высокоуровневыми целями, как "Атаковать врага", "Найти укрытие" или "Оказать помощь союзнику". В плане реактивности, если солдат получает урон, условие в ВТ немедленно прерывает текущую цель и активирует ветку "Найти укрытие". Тактическое планирование ветки "Атаковать врага" не содержит жестко заскриптованного поведения. Вместо этого она инициирует GOAP-планировщик с целью "Враг обезврежен". GOAP, учитывая позиционирование, наличие гранат и союзников, конструирует уникальный план, например: "Обойти с фланга", "Бросить дымовую завесу", "Атаковать из укрытия". Исполнение: каждое действие из плана GOAP выполняется как узел в ВТ, обеспечивая возможность его прерывания.

Данный подход объединяет преимущества обеих парадигм: реактивность ВТ и тактическую гибкость GOAP.

Ни Деревья Поведения, ни GOAP не являются универсальным решением для всех задач игрового ИИ. ВТ доминируют в сценариях, требующих скорости, контроля и надежности, в то время как GOAP открывает возможности для создания по-настоящему адаптивного и "интеллектуального" поведения в сложных тактических контекстах.

Эволюция игровых сред в сторону увеличения динамичности, открытости и системной глубины диктует необходимость отказа от монолитных архитектур. Будущее эффективного игрового ИИ лежит в области гибридных систем, где иерархические структуры контроля, подобные ВТ, эффективно управляют мощностью планировщиков, подобных GOAP, создавая NPC, которые не только быстро реагируют на изменения, но и способны к подлинно интеллектуальному тактическому выбору, постоянно бросая вызов игроку и усиливая его погружение в игровой мир.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анохин, А.О. Разработка поведенческих моделей интеллектуальных агентов на базе деревьев поведения и конечных автоматов / Наука и бизнес: пути развития. 2021. — № 12 (126). — 10-13.
2. Петровский, И. А. Расширяемая архитектура поведения агентов на основе планирования действий / И. А. Петровский // Заметки по информатике и математике : Сборник научных статей. – Ярославль : Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, 2025. – С. 155-166.
3. Вяткин, Р. В. Искусственный интеллект в компьютерных играх / Р. В. Вяткин, Н. М. Зеленцов, Т. В. Луинда // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2020. – № 1. – С. 96-98.
4. Чеповский, Д. А. Использование искусственного интеллекта в играх / Д. А. Чеповский // Информационное пространство Донбасса: проблемы и перспективы : сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Донецк, 18 октября 2024 года. – Донецк: ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», 2024. – С. 503-506.
5. Рязанов, Ю. Д., Построение рекурсивных распознавателей формальных языков на основе синтаксических диаграмм с многоходовыми компонентами / Актуальные задачи математического моделирования и информационных технологий. Материалы Международной научно-практической конференции. — 2017. — С. 85-88.

УДК 338.24:004.056

Головачёва А.С.

*Научный руководитель: Мищенко И.Г., канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК: КАК ВИРТУАЛЬНАЯ КОПИЯ ЗАВОДА ЭКОНОМИТ МИЛЛИАРДЫ

Современная промышленность находится в состоянии глубокой цифровой перестройки. В условиях глобальной конкуренции и роста требований к эффективности, компании вынуждены искать инструменты, позволяющие одновременно снижать издержки и

повышать гибкость производственных процессов. Одним из таких инструментов стала технология цифрового двойника — виртуальной модели реального объекта, способной отражать его текущее состояние и поведение в реальном времени.

Цифровой двойник представляет собой динамическую модель физического оборудования, процесса или даже целого предприятия. Она формируется за счёт постоянного обмена данными между датчиками, установленными на объектах, и программными алгоритмами, анализирующими эти данные. Такой «виртуальный отражатель» даёт возможность не только наблюдать за работой систем, но и прогнозировать их состояние, проводить виртуальные испытания и искать оптимальные решения без риска для реального производства.

Появление концепции цифрового двойника напрямую связано с развитием *Индустрии 4.0*, которая предполагает интеграцию киберфизических систем, интернета вещей, искусственного интеллекта и больших данных в единое производственное пространство. В *Индустрии 5.0*, следующем этапе цифровой эволюции, акцент смещается на взаимодействие человека и машин, устойчивое развитие и гуманизацию производства. В этом контексте цифровые двойники становятся не просто инструментом мониторинга, а ключевым элементом симбиоза человека и технологии, обеспечивая предсказуемость, безопасность и эффективность.

Практическая ценность технологии очевидна. Цифровые двойники позволяют тестировать новые продукты и производственные схемы без остановки оборудования, контролировать логистику в реальном времени и предотвращать поломки задолго до их возникновения [1]. Например, программное решение SmartSignal от компании *General Electric*, помогает прогнозировать и предотвращать сбои, сокращая незапланированные простои и оптимизируя планирование техобслуживания. По данным *General Electric*, SmartSignal и сопутствующие управляемые сервисы за 15 лет позволили клиентам сэкономить свыше 1,6 млрд долларов, обеспечивая круглосуточный мониторинг и рекомендации по повышению надёжности оборудования [2]. Компания *Siemens*, мировой лидер в области инжиниринга, активно использует технологию цифровых двойников для оптимизации обслуживания и снижения эксплуатационных расходов. В области газовых турбин применение цифровых двойников позволило снизить непредвиденные поломки на 20% и увеличить срок службы оборудования на 10% [3]. А *BMW Group* анонсировала масштабирование своей «Цифровой фабрики», которая использует

цифровые двойники более чем 30 производственных площадок по всему миру. С помощью этой технологии компания планирует сократить затраты на планирование производства до 30% [4].

Согласно данным *Fortune Business Insights*, объём мирового рынка цифровых двойников в 2024 году достиг 17,73 млрд долларов США, а к 2032 году может превысить 259,32 млрд долларов [5]. Похожие прогнозы даёт и *IMARC Group*, оценивая рост рынка до 219,6 млрд долларов к 2033 году, а среднегодовой темп роста составит 25,08 % в период с 2025 по 2033 год [6]. Это подтверждает устойчивый тренд на глобальную цифровизацию промышленности.

Цифровые двойники активно внедряются и в России. Так, компания *СИБУР* на «Томскнефтехиме» внедрила систему цифрового моделирования работы реактора полиэтилена высокого давления. Это позволило сократить удельный расход дорогостоящих добавок на 12% без потери качества продукции, а эффект экономии оценивается примерно в 50–60 млн рублей ежегодно [7]. *Северсталь* применяет цифровые двойники прокатных станов для анализа параметров вибрации и температуры, что помогает предотвращать аварии и внеплановые простои [8].

Отдельного внимания заслуживают проекты экосистемы Сбера. В 2024 году *СберМобайл* совместно с ГК «Благо» запустили цифровой двойник маслоэкстракционного завода, построенный на платформе *SberMobile AIoT*. В систему интегрированы восемь производственных линий, 22 весовых терминала и 177 датчиков, что позволило объединить все данные в единую цифровую среду [9]. По результатам пилотного года экономия составила более 50 млн рублей. В 2025 году *СберМобайл*, *Сбербанк* и *Завод Роботов* объявили о разработке AIoT-комплекса для управления промышленными роботами, включающего предиктивную аналитику и интеграцию с ERP-системами [10]. Осенью того же года была представлена версия *SberMobile AIoT 2.0* с поддержкой машинного обучения и AI-агента, что делает платформу универсальной для промышленности, логистики и сферы недвижимости [11].

Для наглядности основные примеры использования цифровых двойников сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Примеры применения цифровых двойников и экономический эффект

Компания	Объект/Проект	Внедрение	Результат / Эффект
General Electric	SmartSignal	Прогнозирование сбоев и мониторинг	Сэкономлено >1,6 млрд \$ за 15 лет, сокращение простоев
Siemens	Газовые турбины	Цифровые двойники для обслуживания	Снижение непредвиденных поломок на 20%, увеличение срока службы на 10%
BMW Group	Цифровая фабрика	Цифровые двойники на более чем 30 площадках	Сокращение затрат на планирование производства до 30%
СИБУР	Реактор полиэтилена	Цифровое моделирование	Снижение расхода добавок на 12%, экономия 50–60 млн руб/год
Северсталь	Прокатные станы	Мониторинг вибрации и температуры	Предотвращение аварий и внеплановых простоев
СберМобайл / ГК «Благо»	Масло-экстракционный завод	177 датчиков и 22 весовых терминала	Экономия >50 млн руб в первый год

Экономический эффект подобных решений выражается не только в снижении расходов, но и в повышении качества планирования. Согласно данным *Industrial Sage*, использование цифровых двойников позволяет уменьшить время проектирования новых линий на 25–50 % и снизить количество незапланированных простоев на 15–20 % [12]. Национальный институт стандартов и технологий США (*NIST*) оценивает совокупную ежегодную экономию от внедрения цифровых двойников в 37,9 млрд долларов [13].

Однако при всех преимуществах существуют и проблемы. Внедрение цифровых двойников требует развитой цифровой инфраструктуры, квалифицированных специалистов и серьёзных мер кибербезопасности. По оценкам экспертов, основными барьерами остаются несовместимость отечественных промышленных систем, нехватка стандартов обмена данными и недостаток доверия к искусственному интеллекту на производстве [14]. В этом направлении активно работают *Ростех*, *Сбер* и участники Национальной

технологической инициативы, формируя базу для массового внедрения цифровых двойников.

Подводя итог, можно отметить, что цифровые двойники представляют собой не просто модный тренд, а реальный инструмент цифровой экономики. Они позволяют создавать предсказуемые, безопасные и устойчивые производства, сокращать затраты и повышать производительность. Российские компании, включая Сбер и СберМобайл, демонстрируют, что интеграция цифровых двойников становится практической основой индустрии будущего, соответствующей идеалам *Индустрии 5.0* — синергии технологий и человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головачёва А. С. Устойчивые инновационные практики в логистике // XVI Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». – Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2024. – Ч. 12. – С. 10–15. – ISBN 978-5-361-01390-6.

2. General Electric GE Digital's SmartSignal Predictive Maintenance Software Solution Features T // MarketScreener. – Режим доступа: <https://uk.marketscreener.com> – Дата обращения: 26.10.2025.

3. How IoT, AI and 3D Digital Twin Boost Predictive Maintenance in Manufacturing // ProcessGenius. – Режим доступа: <https://processgenius.eu> – Дата обращения: 26.10.2025.

4. BMW Group Scales Virtual Factory // BMW Group Press. – Режим доступа: <https://www.press.bmwgroup.com> – Дата обращения: 26.10.2025.

5. Digital Twin Market 2024-2032 // Fortune Business Insights. – Режим доступа: <https://www.fortunebusinessinsights.com>. – Дата обращения: 26.10.2025.

6. Digital Twin Market to Reach USD 219.6 Billion by 2033, CAGR // OpenPR. – Режим доступа: <https://www.openpr.com> – Дата обращения: 26.10.2025.

7. СИБУР внедрил цифровое моделирование на Тобольской промышленной площадке // CNews. – Режим доступа: <https://www.cnews.ru> – Дата обращения: 26.10.2025.

8. Информационные технологии в Северстали // TAdviser. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru> – Дата обращения: 26.10.2025.

9. Всё под контролем: как в ГК «Благо» автоматизировали маслоэкстракционный завод // Sber.pro. – Режим доступа: <https://sber.pro> – Дата обращения: 26.10.2025.

10. Сбер, СберМобайл и Завод Роботов ускоряют цифровизацию промышленности // SberMobile. – Режим доступа: <https://sbermobile.ru> – Дата обращения: 26.10.2025.

11. SberMobile представил обновлённую AIoT платформу 2.0 с AI-агентом // SberMobile. – Режим доступа: <https://sbermobile.ru>. – Дата обращения: 26.10.2025.

12. Digital Twin Manufacturing Statistics 2025 // Industrial Sage. – Режим доступа: <https://www.industrialsage.com> – Дата обращения: 26.10.2025.

13. Economics of Digital Twins: Costs, Benefits, and Economic Decision Making // NIST. – Режим доступа: <https://tsapps.nist.gov> – Дата обращения: 26.10.2025.

14. Цифровая трансформация промышленности // UIEC. – Режим доступа: <https://uiec.ru> – Дата обращения: 26.10.2025.

УДК 004.021

Головин Д.А.

Научный руководитель: Стативко Р. У., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СТАТИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ В PYTHON: СУТЬ И ОСОБЕННОСТИ. СТАТИЧЕСКИЙ МЕТОД.

Одним из ключевых аспектов любого языка программирования является система типизации. В языке Python изначально реализована динамическая типизация, которая обеспечивает простоту и скорость написания кода, делая его одним из наиболее популярных инструментов для прототипирования, научных исследований и анализа данных [1, с. 30-50]. Однако с ростом масштабов проектов и усложнением архитектурных решений возникла потребность в более строгом контроле типов, что привело к появлению механизма статической типизации посредством аннотаций типов и инструментов анализа, таких как *mypy*, *pyright* и другие.

Цель настоящего исследования — определить, что из себя представляет статическая типизация в Python, разобрать её основные моменты и принципы, а также способы её реализации.

Задачи исследования: провести сравнительный анализ динамической и статической типизации в *Python*, определить их

сильные и слабые стороны, а также выявить сферы применения, в которых каждый из подходов оказывается наиболее эффективным.

Теоретические основы

Понятие статической типизации: Статическая типизация — это способ описания типов переменных и функций до запуска программы. В *Python* статическая типизация реализуется не на уровне языка как такового, а через аннотации типов и внешние инструменты проверки (например, *mypy*).

Преимущества статической типизации:

- обнаружение ошибок ещё на этапе разработки;
- улучшение читаемости и само-документирования кода;
- лучшая масштабируемость при командной работе.

Недостатки статической типизации:

- увеличение объёма исходного кода;
- снижение гибкости (особенно при работе с динамическими структурами данных);

- необходимость знания и применения инструментов анализа.

О типизации в *Python*: *Python* был создан Гвидо ван Россумом в конце 80-х годов и изначально задумывался как язык с динамической типизацией для удобного написания скриптов и автоматизации. До версии 3.5 *Python* не имел встроенных средств для аннотаций типов, однако в PEP 484 [3] был предложен стандарт использования *type hints*, который открыл путь для статического анализа. В дальнейшем появились всё новые улучшения:

- PEP 561 – Распространение информации о типах через пакеты. [4]
- PEP 585 – Улучшенный синтаксис аннотаций для коллекций. [5-6]
- PEP 604 – Объединение типов. [7]

Таким образом, *Python* сегодня представляет собой гибридный язык, где разработчик может комбинировать динамическую и статическую типизацию в зависимости от задач.

Статическая типизация в *Python*: Начиная с версии 3.5, в язык введены *type hints* [3]. Они позволяют явно указывать типы переменных, аргументов функций и возвращаемых значений. Также существуют различные инструменты проверки типов. Под статической типизацией в *Python* следует понимать систему добровольного статического анализа кода, основанную на *type hints* и сторонних инструментах проверки. В отличие от языков со встроенной статической типизацией, *Python* не применяет эти аннотации на уровне

интерпретатора, а использует их для повышения надёжности, читаемости и автоматизации анализа кода. Исходя из этого, «статическая типизация» далее будет называться *статическим методом*.

Рассмотрим пример *статического метода*:

```
# Предположим, что существуют переменные a и b и их тип нам неизвестен
# Нам нужно узнать, является ли их произведение чётным
def root( a: int, b: int ) -> bool:
    return ( a * b ) % 2 == 0
```

Рис. 1 (пример статического метода)

Здесь с помощью *type hints* явно задан тип данных для аргументов функции и её результата. Теперь дадим пользователю возможность ввести строковые литералы в *a* и *b* и попытаемся вызвать функцию:

```
def root( a: int, b: int ) -> bool: 1 usage
    return ( a * b ) % 2 == 0

# Предложим пользователю ввести строковые a и b
a: str = input()
b: str = input()

# Попытаемся вывести результат функции
print( root( a, b ))
```

Рис. 2 (ошибочный код для проверки типизации)

После ввода значений в переменные пользователь получит ошибку, так как невозможно производить операцию умножения и получения остатка от деления со строковым типом данных. Теперь попробуем провести проверку типизации с помощью *туру*: [8]

```
test.py:10: error: Argument 1 to "root" has incompatible type "str"; expected "int" [arg-type]
test.py:10: error: Argument 2 to "root" has incompatible type "str"; expected "int" [arg-type]
Found 2 errors in 1 file (checked 1 source file)
```

Рис. 3 (ошибка типов)

Получим вывод с указанием того, что функция ожидает целочисленный тип данных, а получает строковый. Таким образом мы поняли ошибку в процессе разработки, а не предоставили пользователю нерабочий код.

В этом примере продемонстрировано, что *статический метод* не только экономит ресурсы вычислительного устройства, но и помогает

разработчику выявить ошибки ещё на этапе разработки и не допустить публикации нерабочего кода.

Принципы применения статического метода

В следующем примере будет продемонстрирован более серьёзный пример применения статического метода, на основе которого будут выдвинуты его основные принципы и необходимый для него набор инструментов.

Ниже представлен фрагмент алгоритма «система учёта заказов в интернет магазине»:

```
1  from __future__ import annotations
2  from dataclasses import dataclass
3  from decimal import Decimal
4  from typing import List, Dict, Optional
5
6  @dataclass 6 usages
7  class Product:
8      id: int
9      name: str
10     price: Decimal
11
12  @dataclass 4 usages
13  class Customer:
14      id: int
15      name: str
16      email: str
17
18  @dataclass 2 usages
19  class OrderItem:
20      product: Product
21      quantity: int
22
23      def total_price( self ) -> Decimal: 1 usage
24          return self.product.price * self.quantity
25
26  @dataclass 4 usages
27  class Order:
28      id: int
29      customer: Customer
30      items: List[OrderItem]
31
32      def total_sum( self ) -> Decimal: 1 usage
33          return sum( ( item.total_price() for item in self.items ), Decimal( 0 ) )
34
35      def add_item( self, product: Product, quantity: int ) -> None: 2 usages
36          self.items.append( OrderItem( product = product, quantity = quantity ) )
```

Рис.4 (алгоритм, реализованный статическим методом)

Разберём принципы, использованные в этом коде для реализации *статического метода*. В первую очередь стоит отметить, что **все переменные описаны с помощью type hints**, благодаря чему их тип данных определён заранее (важно помнить, что это реализует не

интерпретатор *Python*, а *муру*). Также все функции имеют сигнатуры. Но то, на что следует обратить отдельное внимание – это используемые библиотеки: ***typing*** и ***dataclasses***. Разберём каждую из них отдельно:

typing [9] – Включает специальные конструкции для аннотаций: *List[T]*, *Dict[K, V]*, *Union*, *Literal* и другие. Позволяет описывать состав коллекций, допустимые варианты значений и возвращаемые типы функций. Это основа для статического анализа: без *typing* невозможно точно формализовать поведение функций.

dataclasses [10] – Позволяет создавать строго структурированные объекты с заранее определёнными полями и их типами.

И конечно, не стоит забывать про инструменты статической проверки (*муру* и *pyright*), так как сами по себе аннотации не влияют на выполнение кода языка *Python*, но анализаторы по типу *муру* читают подсказки типов и проверяют совместимость аргументов функций, возвращаемые значения и соответствие коллекций.

Таким образом мы получили базовый набор инструментов, необходимый для реализации *статического метода*, а именно:

- *type hints* (тип данных переменных определён заранее)
- Сигнатуры функций (заранее определён тип данных, возвращаемый функцией)
- Библиотеки: *typing* и *dataclasses* (статический анализ и строго структурируемые объекты)
- Инструменты статической проверки (читают подсказки типов)

Статический метод – это механизм «постепенной типизации», при котором язык остаётся динамически типизированным на уровне интерпретатора, но предоставляет разработчику возможность описывать типы данных посредством аннотаций и проверять их корректность с помощью инструментов статического анализа. Для реализации в языке *Python* *статического метода*, то есть максимального приближения к статической типизации, необходимо использовать минимальный набор инструментов, описанный в конце главы «Принципы применения статического метода».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Guigo van Rossum, Fred L. Drake An Introduction to Python / Guigo van Rossum, Fred L. Drake — Godalming: Network Theory Ltd., 2011 — 50-164 с.
2. Стативко Р. У., Окунева Г. Л., Старченко Д. Н. Оценка рейтинга студента на основе нечеткой модели / Стативко Р. У.,

Окунева Г. Л., Старченко Д. Н. // Информационные системы и технологии (ОГУ имени И.С. Тургенева). — 2024. — № 4(144) 2024. — С. 72-82.

3. Guido van Rossum PEP 484 / Guido van Rossum [Электронный ресурс] // peps.python.org 2025 г.

4. Guido van Rossum PEP 564 / Guido van Rossum [Электронный ресурс] // peps.python.org 2025 г.

5. Guido van Rossum PEP 585 / Guido van Rossum [Электронный ресурс] // peps.python.org 2025 г.

6. Guido van Rossum PEP 646 / Guido van Rossum [Электронный ресурс] // peps.python.org 2025 г.

7. Guido van Rossum PEP 604 / Guido van Rossum [Электронный ресурс] // peps.python.org 2025 г.

8. Guido van Rossum mypy documentation / Guido van Rossum [Электронный ресурс] // [PyPI](https://mypy.readthedocs.io/en/latest/) 2025 г.

9. Guido van Rossum typing documentation / Guido van Rossum [Электронный ресурс] // [docs.python.org](https://docs.python.org/3/library/typing.html) 2025 г.

10. Guido van Rossum dataclasses documentation / Guido van Rossum [Электронный ресурс] // [docs.python.org](https://docs.python.org/3/library/dataclasses.html) 2025 г.

УДК 721.021

Головина А.О., Бойштян Е., Колесникова А.В.

Научный руководитель: Алейникова Н. В., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖИЛЫХ КВАРТАЛОВ С СОХРАНЕНИЕМ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Вопрос сохранения культурного наследия при стремительном росте городов приобретает особую значимость. Историческая застройка является неотъемлемой частью наследия, формирует уникальный облик городов, отражает историю и культуру, а также способствует развитию туристической индустрии. Однако, многие исторические жилые кварталы в настоящее время находятся в плачевном состоянии, что ставит под угрозу их существование.

Реконструкция жилых кварталов с сохранением исторической застройки становится необходимой мерой для обеспечения их дальнейшей адаптации к современным требованиям комфорта и безопасности. Этот процесс представляет собой сложную задачу,

требующую сбалансированного подхода, сочетающего уважение к исторической подлинности и внедрение инновационных решений. Необходимо не только сохранить архитектурный облик зданий, но и создать комфортную среду для проживания, соответствующую современным стандартам качества жизни [1].

Исторические жилые кварталы являются не просто набором старых зданий, но и важнейшей частью культурного наследия города, отражающей его историю, социальную структуру и архитектурные тенденции прошлых эпох. Они формируют уникальный облик города, его неповторимую атмосферу и культурную идентичность. К сожалению, исторические жилые кварталы сталкиваются с рядом серьезных проблем, которые угрожают их существованию и требуют незамедлительного решения. Одной из главных проблем является физический износ зданий и инфраструктуры. Время, погодные условия, недостаточный уход и некачественный ремонт приводят к разрушению строительных конструкций, осыпанию фасадов, протечкам крыш и другим повреждениям. Устаревшие инженерные коммуникации не справляются с современными нагрузками и представляют угрозу перебоев в предоставлении коммунальных услуг. Недостаток современных удобств, таких как лифты, парковки и современные планировки квартир, делает проживание в исторических зданиях неудобным и некомфортным для современных жителей. Помимо физических проблем, исторические жилые кварталы часто страдают от социальных проблем, таких как низкий уровень жизни населения и отсутствие возможностей для развития. Устаревший жилой фонд, отсутствие рабочих мест и социальной инфраструктуры приводят к социальной изоляции этих районов [2]. Решение таких проблем требует не просто косметического ремонта и обновления инженерных коммуникаций, а комплексного подхода, включающего разработку и реализацию стратегии устойчивого развития исторических жилых кварталов.

В основе решений, применяемых при реновации исторической застройки, лежит градостроительный анализ, позволяющий выявить ценные исторические элементы, определить масштаб и характер необходимого вмешательства, и выработать концепцию, учитывающую особенности ландшафта, транспортной инфраструктуры и социальной структуры квартала. Ключевым архитектурным приемом является реставрация и адаптация существующих зданий, с сохранением оригинальных фасадов, объемно-пространственной композиции и ценных архитектурных деталей, а внутреннее пространство

адаптируется к современным потребностям, при этом используются современные материалы и технологии, не нарушающие историческую аутентичность. Важным аспектом является организация общественных пространств, создание пешеходных зон, парков, скверов и площадей, формирующих комфортную среду для общения и отдыха [3]. Новое строительство в исторических кварталах должно соответствовать масштабу, стилю и характеру существующей застройки и не нарушать целостность исторического облика. Важной задачей является улучшение транспортной доступности, создание удобных пешеходных и велосипедных маршрутов, а также организация парковочных мест, не нарушающих исторический облик квартала. Сохранение и развитие исторического ландшафта, восстановление исторических садов и парков, а также создание новых зеленых зон способствуют улучшению экологической ситуации и созданию комфортной среды для жизни.

Жилой комплекс «Ильинка 3/8» представляет собой пример реконструкции с сохранением исторической застройки в центре Москвы, в непосредственной близости от Кремля. Проект затрагивает территорию, насыщенную историческим контекстом, где располагаются три объекта культурного наследия: фрагменты Тёплых торговых рядов и руины Богоявленских торговых линий – части комплекса первых в России отапливаемых торговых зданий XIX века [4].

Важной особенностью проекта является интеграция нового строительства в границы утраченных строений, что позволяет воссоздать историческую структуру квартала. Архитектурная концепция комплекса строится на интерпретации древних московских палат и подворий, что способствует воскрешению исторической структуры. Интеллектуальное насыщение и многослойность исторического контекста стали ключевым фактором в работе над проектом (рис.1).

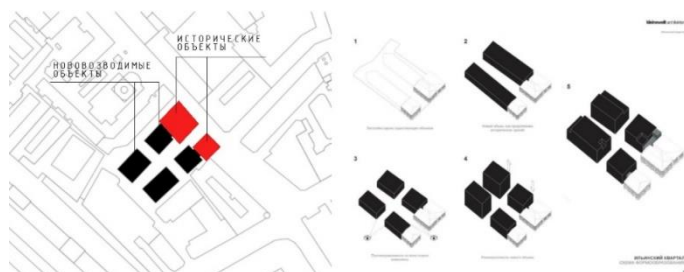


Рис.1 Проект реконструкции «Ильинка 3/8»

Проект «Ильинка 3/8» предполагает контраст brutальных кирпичных стен XIX века и минималистичных современных фасадов, формирующихся во внутреннем дворе подворья, что создает интересный визуальный эффект. Этот проект демонстрирует подход к реконструкции, где современные архитектурные решения умело сочетаются с сохранением исторического наследия, создавая комфортную и привлекательную среду для жизни в историческом центре города.

Реконструкция жилого квартала, расположенного в Санкт-Петербурге и примыкающего к Австрийской площади, представляет собой проект, стремящийся к сочетанию сохранения исторической ценности и созданию современной комфортной среды. Доминантой территории, как в отношении внешнего облика, так и высоты, является доходный дом Горбова, выходящий на угол Австрийской площади и достигающий шести этажей с башенкой. В новом проекте реконструкции квартала этот дом сохраняет свою историческую роль и визуальное доминирование. Застройка, формирующая Каменноостровский проспект, имеет эстетическую и историческую ценность и подлежит сохранению. Однако, внутренняя структура квартала требовала существенной переработки. В отличие от парадного фасада в стиле модерн, обращенного к проспекту, внутренние дворы отличались неблагоустроенностью и устарелостью. В рамках проекта реконструкции был проведен снос некоторых старых построек по периметру квартала, что позволило организовать несколько новых входов. Архитекторы стремились соединить эти входы ортогональными направлениями, создавая визуальные связи между существующими зданиями и обеспечивая перспективу внутренних дорожек из каждой точки входа (рис.2).



Рис.2 Проект реконструкции жилого района в Санкт-Петербурге

Новые постройки акцентируют входы в квартал. Внутриквартальные пешеходные пути пересекаются в центре квартала, формируя небольшую площадь, ограниченную школой и жилым домом с арками. Этажность зданий понижается с севера на юг и к центру квартала, где располагается школа, что способствует созданию более гармоничного визуального восприятия и обеспечивает хорошую инсоляцию для школьных помещений [5]. Новые постройки включают массивный жилой комплекс на юго-западе квартала, школу с примыкающим жилым комплексом в центре, жилой дом между школой и сохранёнными постройками, а также торговый центр со сквозной аркой, выходящий фасадом на Каменноостровский проспект. Этот проект демонстрирует подход к реконструкции, который стремится к созданию комфортной и современной среды, при котором сохраняется и подчёркивается историческая ценность территории.

Сохранение исторической застройки – это не просто задача реставрации старых зданий, это вопрос сохранения нашей национальной идентичности, нашей связи с прошлым и нашего культурного наследия для будущих поколений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пчельников В. Н., Дзюба А. В. Актуальность реорганизации деградирующих территорий // Строительство и техногенная безопасность. – 2014. - №49. – С. 5-11.
2. Панкратова А. А., Соловьев А. К. Проблемы сохранения и использования исторической застройки в современной архитектуре города // Вестник МГСУ. - 2015. - №7. – С. 7-16.
3. Ярмош Т. С. Формирование системы озелененных территорий города, как средство улучшения качества жизни городского населения / Т. С. Ярмош, Е. И. Иванилова // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2017. - № 12. - С. 109-112.
4. Дудина Е. Благоустройство территории клубного дома «Ильинка 3/8» // archi.ru 2024 - URL: <https://archi.ru> (дата обращения: 16.10.2025).
5. Проект реконструкции квартала в исторической застройке. СПбГАСУ, 5 курс (ноябрь 2013г.) // nredkina.livejournal.com 2014 - URL: <https://nredkina.livejournal.com> (дата обращения: 16.10.2025).

Горбатенко М.И., Князева Е.А.

Научный руководитель: Святченко А.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ

Водный фонд Белгородской области, представленный почти 500 реками и ручьями, а также многочисленными прудами и водохранилищами, является жизненно важным ресурсом для региона. При этом 78 % водных объектов принадлежат к бассейну реки Дон. В последние годы специалисты отмечают неудовлетворительное состояние рек региона, что связано с целым комплексом проблем: недостаточной эффективностью работы очистных сооружений, отсутствием систем ливневой канализации, низкой водообеспеченностью и высокой плотностью населения [1-2].

Сохранение качества водных объектов и предотвращение их загрязнения вследствие антропогенного воздействия являются актуальной задачей для улучшения экологической ситуации области [3-4]. Целью данной статьи является оценка качества экологического состояния водных ресурсов на примере главной водной артерии региона – реки Северский Донец в черте города Белгорода.

Река Северский Донец является самым крупным правым притоком Дона, протекающим на территории России через Белгородскую, Ростовскую, Луганскую и Донецкую области. На территории Белгородской области ее протяженность составляет 102 км из общей длины в 1053 км [2]. Река имеет смешанное питание (дождевое и снеговое) с хорошо выраженным весенним половодьем. Для бассейна реки характерен разнообразный животный и растительный мир, однако он испытывает значительную антропогенную нагрузку. Основными источниками загрязнения водных объектов в регионе являются промышленные и бытовые сточные воды, сельское хозяйство, поверхностный сток с урбанизированных территорий, и транспортная инфраструктура [1-5].

В черте города Белгорода долина реки резко расширяется до 4-5 км. Правый берег возвышенный, сложен меловыми породами, левый – низменный, террасированный. Именно в городской черте река

подвергается наибольшему воздействию со стороны промышленности, транспорта и коммунального хозяйства [2, 6].

Для оценки влияния автотранспорта на качество воды в реке Северский Донец был проведен сезонный мониторинг в двух контрольных точках в черте г. Белгорода (рис. 1). Отбор в точке 1 (в осенний период – 1О, весенний – 1В) производился на левом берегу под автомобильным мостом (ул. Корочанская), в зоне непосредственного воздействия автодороги 3 класса опасности. В точке 2 (в осенний период – 2О, весенний – 2В) – на правом берегу в районе «Центрального» пляжа (ул. Северо-Донецкая), находящийся на расстоянии 500 м от источника воздействия (санитарно-защитная зона).

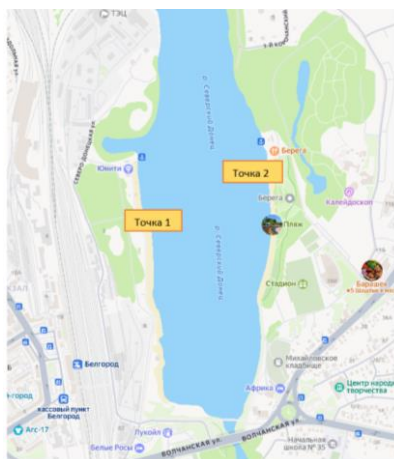


Рис. 1. Точки отбора проб:
(точка 1 – 50.594015, 36.61263; точка 2 – 50.593268, 36.618931)

Органолептический анализ показал, что в осенний период в пробах 1О и 2О наблюдалось превышение нормативов по прозрачности и интенсивности запаха (60 °С). В весенний период ситуация улучшилась, но прозрачность в точке 1В оставалась ниже нормы (табл. 1).

Таблица 1 – Органолептические показатели

Показатели	Ед. изм.	Результаты исследований				ПДК рыбохозяйственно го значения
		осень		весна		
		1О	2О	1В	2В	
Прозрачност ь	см	12	28	15	30	не менее 30
Мутность	мг/л	10,5	5,4	6,28	2,38	20
Цветность	град	23	17	13	11	35
Запах при 20 °С	баллы	<u>1-G</u>	<u>1-G</u>	<u>1-G</u>	<u>1-G</u>	2
Запах при 60 °С		3-E	3-E	2-E	2-E	

Наиболее информативными оказались обобщенные гидрохимические показатели. Так, биохимическое потребление кислорода (БПК₅), характеризующее содержание органических веществ, в осенний период в точке 1О составило 4,3 мгО/л, что относится к «грязным» водам (V класс качества). В точке 2О значение было ниже (3,7 мгО/л), но также превышало норму, соответствуя «загрязненным» водам (IV класс). Весной значения БПК₅ снизились, но оставались повышенными. Перманганатная окисляемость (ПИ), также указывающая на органическое загрязнение, превышала норматив в пробах 1О, 2О, 1В. В точке 2В значение было на границе нормы. Содержание растворенного кислорода в осенних пробах было критически низким, что указывает на процессы угнетения водных организмов. К весне ситуация улучшилась и уровень кислорода возрос (табл. 2). Это можно объяснить таянием льда и аэрацией.

Таблица 2 – Результаты обобщенных показателей

Показатели	Ед. изм.	Результаты исследований				ПДК рыбохозяйс твенного значения
		осень		весна		
		1О	2О	1В	2В	
рН	-	7,88	7,77	7,56	7,81	6,5-8,5
УЭП	мкСм/ см	1663,0	1750	1823	1807	2000
Сухой остаток	мг/л	948	978	990	950	1000
Прокаленный остаток	мг/л	648,82	669	727	690	1000

Взвешенные вещества	мг/л	12,16	5,6	8,29	1,26	C _ф +0,25
Общая щелочность	мг-экв/л	8,1	7,6	7,7	8,2	7-9
БПК ₅	мгО/л	4,3	3,7	3,1	2,1	2
РК	мг/л	3,9	3,7	5,3	6,1	не менее 6
ПИ	мгО/л	11,2	10,7	8,2	6,8	7

Анализ солевого состава выявил устойчивое превышение нормативов для рыбохозяйственных водоемов по ряду показателей представленных в таблице 3.

Проведенные исследования подтвердили, что река Северский Донец в черте города Белгорода испытывает значительную антропогенную нагрузку. Наиболее загрязненным участком является зона непосредственного влияния автомобильной магистрали. Качество воды здесь характеризуется как «загрязненное» (IV класс), в то время как на участке, удаленном от дороги, состояние воды улучшается до «умеренно загрязненного» (III класс).

Таблица 3 – Анализ солевого состава

Показатели	Ед. из м.	Результаты исследований				ПДК рыбохозя йственного о значения, мг/л
		осень		весна		
		1О	2О	1В	2В	
Сульфат-ион (SO ₄ ⁻²)	мг/ л	221,7	205, 7	198,4	216,5 44	100
Хлорид-ион (Cl ⁻)	мг/ л	34,76 9	35,5	105,2	23,88 2	300,0
Гидрокарбонаты (HCO ₃ ⁻)	мг/ л	494,1	463, 6	469,7	500,2	400
Кальций (Ca ⁺²)	мг/ л	175,6	70,3	104,7 88	88,48 5	180.0
Магний (Mg ⁺²)	мг/ л	37,1	17,3	28,4	20,2	40,0
Натрий (Na ⁺)	мг/ л	204,5 6	186, 64	245,1 8	171,3 96	120

Для улучшения экологического состояния реки Северский Донец и других водных объектов Белгородской области необходима реализация комплекса мероприятий. Для снижения транспортной

нагрузки следует устанавливать защитные экраны и шумопоглощающие сооружения вдоль автомагистралей, проходящих вблизи водных объектов; для озеленения прибрежных зон – высадка древесных насаждений (татарский клен, тополь), способных поглощать до 85% выхлопных газов и пыли, что будет способствовать очистке атмосферного воздуха и укреплению берегов. Следует рассмотреть вопрос по развитию инфраструктуры, а также строительство и модернизация систем ливневой канализации с очистными сооружениями для предотвращения сброса неочищенных поверхностных стоков в реку. Ужесточение контроля за соблюдением режима водоохранных зон и прибрежных защитных полос, предотвращение несанкционированных сбросов положительно скажутся на поддержании экологического баланса водных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бомба, И.В., Георгиева, Е.М. // Анализ показателей качества воды пруда в парке Маршалково / И.В. Бомба, Е.М. Георгиева // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология. – Белгород: БГТУ, 2022. – С. 77-82.
2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году. Государственный доклад. – М.: Минприроды России; ООО «Интеллектуальная аналитика»; ФГБУ «Дирекция НТП»; Фонд экологического мониторинга и международного технологического сотрудничества, 2024. – 707 с.
3. Красноперова, К.Д., Рыбина, С.Ю. Оценка качества питьевой воды г. Белгорода / К.Д. Красноперова, С.Ю. Рыбина // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология. – Белгород: БГТУ, 2023. – С. 36-40.
4. Бомба, И.В., Барабанщикова, С.И. Анализ показателей качества воды реки Везелка / И.В. Бомба, С.И. Барабанщикова // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология. – Белгород: БГТУ, 2022. – С. 70-76.
5. Красноперова, К.Д. Некоторые аспекты экологического состояния водных объектов Белгородской области [Электронный ресурс] / К.Д. Красноперова // XVI Международный молодежный

форум «Образование. Наука. Производство». Ч. 10. Охрана окружающей среды. Современные аспекты биотехнологии. Безопасность жизнедеятельности: проблемы, научный поиск, решения. – Белгород, 2024. – С. 82-84.

6. Дьяченко, Г.И. Мониторинг окружающей среды / Г.И. Дьяченко. – Новосибирск, 2003. – 146 с.

УДК 621.99

*Горохов П.С., Воронков И.Е., Курганский Д.А.
Научный руководитель: Блинова Т.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТРИЧЕСКОЙ И ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОЙ РЕЗЬБ

Резьбовые соединения в машиностроении подвергаются значительным механическим нагрузкам, что приводит к их износу, деформациям и даже разрушению. Правильный выбор типа резьбы позволяет увеличить срок службы соединений, снизить затраты на ремонт и повысить надежность изделий. В настоящее время особое внимание на производстве уделяется резьбам общего назначения и выполнению ими заданных функций [1, 2].

Метрические резьбы (рис. 1) используются для большинства соединений, например, соединение болта и гайки, соединение деталей и корпусов и т.д. [3].

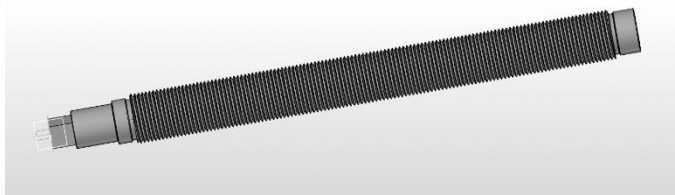


Рис. 1. 3D-модель изделия с метрической резьбой

Трапецеидальные резьбы (рис. 2) используются для преобразования вращательного движения в поступательное. Они широко применяются в технике благодаря своей надежности, долговечности и наименьших потерях на трение. Наибольшее

распространение получили трапецеидальные резьбы имеющие средний шаг. Для обеспечения осевых перемещений высокой точности рекомендовано использовать данный вид резьбы с мелким шагом, а для увеличения износостойкости – с крупным шагом [4].

В ходе исследований был выполнен анализ соединений изделий имеющих трапецеидальную и метрическую резьбы. При этом был использован метод конечного элемента и программное обеспечение NX 12.0.

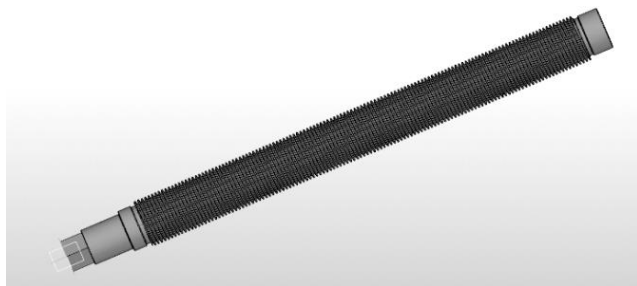


Рис. 2. 3D-модель изделия с трапецеидальной резьбой

В процессе экспериментов винт с трапецеидальной резьбой и винт с метрической резьбой были закреплены. На каждый винт была накручена гайка. Далее на гайки воздействовала осевая нагрузка равная 100Н. В результате в пятнах контактов винтов и гаек возникли напряжения.

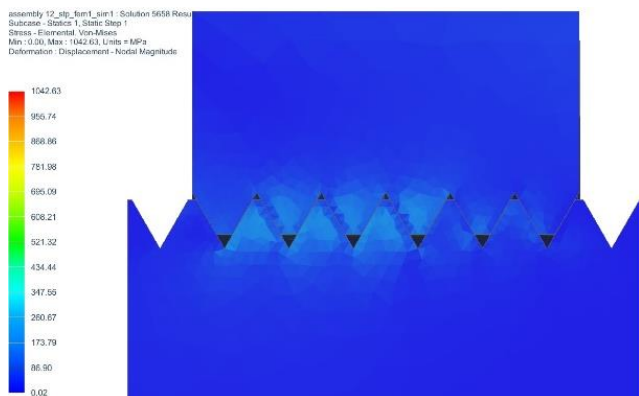


Рис. 3. Нагрузка на метрическую резьбу

Метрическая резьба в первую очередь предназначена для крепления деталей между собой (рис. 3.). Для преобразования из вращательного в поступательное движение она не подходит, так как угол профиля 60° и при движении будет большое трение, вследствие этого возникает высокий износ поверхностей изделий. Кроме этого метрическая резьба при динамических нагрузках быстрее изнашивается.

Результаты исследований трапецеидальной резьбы представлены на рис. 4.

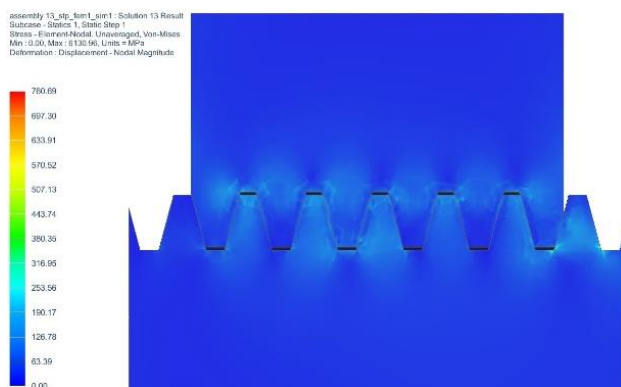


Рис. 4. Нагрузка на трапецеидальную резьбу

По результатам исследования видно, что трапецеидальная резьба хуже выдерживает нагрузку в качестве крепежного элемента. В первую очередь она предназначена для преобразования крутящего момента в поступательное перемещение. Угол профиля резьбы равен 30° . При этом в соединении с трапецеидальным профилем витков резьбы движение трения меньше и меньше износ, чем в соединении с треугольным профилем резьбы. Так же трапецеидальная резьба выдерживает более сильные динамические нагрузки и обеспечивает плавность хода.

Для обеспечения эффективной работы изделий имеющих резьбовые соединения необходимо учитывать, кроме номинальных размеров параметров резьбы, профили витков резьбы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. для вузов / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – М.: Высш. шк., 2004. – 767 с.
2. Архипова Н.А. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие/ Н.А.Архипова, Т.А. Блинова, В.Д. Мочалов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 295с.
3. ГОСТ 24705-2004 Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры.
4. ГОСТ 9562-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная однозаходная. Допуски.

УДК 681.121.4+676.1

Горяников Д.В.

*Научный руководитель: Фролов А.С., канд. техн. наук, доц.
Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика
М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия*

ЗАВИСИМОСТЬ РАСХОДА ОТ ЧАСТОТЫ ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕЛ ОБТЕКАНИЯ

Для технолога вихревой расходомер – это черный ящик, на выходе которого – точные цифры расхода [1]. Но надежность этих цифр напрямую завязана на то, что скрыто внутри этого ящика – тело обтекания. Ошибешься с его формой – и зависимость частоты на выходе от реального расхода на входе даст сбой. В одних условиях он перестанет «видеть» малые расходы, в других – начнет ошибаться из-за пульсаций. Эта статья – мост между теорией и практикой. Мы не будем углубляться в дебри чисел Струхала, а наглядно покажем, как подбор тела обтекания под вашу среду, диапазон расходов и требования к точности страхует от погрешностей, закладываясь в надежную и предсказуемую работу зависимости $Q = f(f)$ на протяжении всего срока службы прибора.

Целью исследования является определение зависимости расхода Q от частоты вихреобразования f .

В данной работе рассматривается участок трубопровода $D = 80$ мм, в котором находится тело обтекания (рис. 1). Исследование проводилось на различных скоростях V , равных 0,11 м/с, 0,27 м/с и 0,44 м/с.

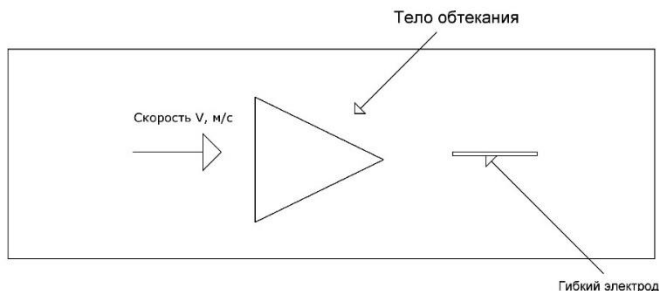


Рис. 1. Участок трубопровода с коническим телом обтекания

Нами были выбраны следующие тела обтекания – цилиндрическое, трапецевидное и конусообразное (рис. 2).

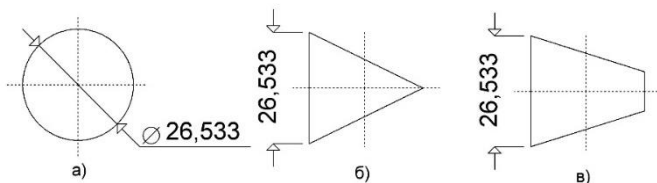


Рис. 2. Тела обтекания

(а – цилиндрическое; б – коническое; в - трапецевидное)

Для выполнения исследования нами был выбран метод численного моделирования гидродинамических процессов CFD (Computational Fluid Dynamics), реализованный в программе Comsol Multiphysics (Femlab) [2].

Для каждого вида ТО и скоростей (V) были найдены периоды и посчитано его среднее значение T_{CP} . Затем была найдена частота вихреобразования f по формуле (1).

$$f = \frac{1}{T_{CP}} \quad (1)$$

где T_{CP} – период, с.

Затем по формуле (2) находилось число Струхала Sh .

$$Sh = \frac{d}{T_{CP} \cdot V} \quad (2)$$

где d – диаметр тела обтекания, м; T_{CP} – период, с; V – скорость потока, м/с.

Далее, используя значения величин, рассчитанных с помощью формул (1) и (2), определялся расход Q для каждого ТО по формуле (3).

$$Q = 3600 \cdot S \cdot \frac{d}{Sh} \cdot f \quad (3)$$

где S – площадь поперечного сечения трубы, m^2 ; d – диаметр трубопровода, m ; Sh – число Струхалия; f – частота вихреобразования, $Гц$.

По результатам расчетов был построен график зависимости расхода Q от частоты вихреобразования f для цилиндрического, конического и трапециевидного тел обтекания трех разных скоростях (рис. 3) [3].

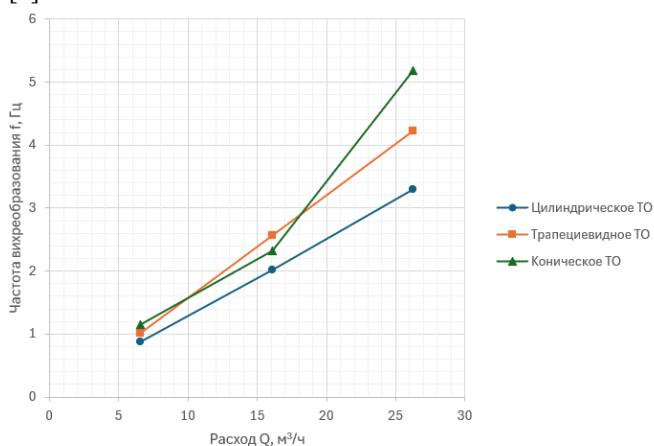


Рис. 3. График зависимости расхода Q от частоты вихреобразования f .

По результатам численного эксперимента можно сделать вывод, что чем более линейна характеристика, тем четче определяется расход жидкости вихревым расходомером. Из графика видно, что расходомер с цилиндрическим и трапециевидным ТО имеют более линейную зависимость, чем коническое. Следовательно, они лучше подходят для измерений, в которых необходима высокая точность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник / 5-е изд., перераб. и доп. – Ч. 1. – СПб.: Политехника, 2002. – 409 с.

2. Лурье М. С., Баранов Ю. С., Фролов А. С. Технологические испытания и проверка погружных вихревых расходомеров для целлюлозно-бумажного производства//Датчики и системы. – 2010. –№ 6. –С. 42–45.

3. Исследование и оптимизация гидродинамических характеристик погружных вихревых расходомеров / М.С. Лурье, О.М. Лурье, А.С. Фролов, Н.В. Бенько// Ремонт. Восстановление. Модернизация. –2021. -№ 3. –С. 41–44.

УДК 332.38

¹Гребеник А.А., ²Серых В.Д.

Научный руководитель: ¹Шерemet А.А., канд. тех. наук., доц.

***¹Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

***²Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, г. Москва, Россия***

ЗДАНИЯ БУДУЩЕГО: КАК АРХИТЕКТУРА АДАПТИРУЕТСЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

Изменение климата по-разному влияет на архитектуру в зависимости от географического положения. В прибрежных районах повышение уровня моря и усиливающаяся эрозия береговой линии угрожают инфраструктуре. В засушливых регионах, где осадки выпадают все реже, возрастает риск нехватки водных ресурсов. В условиях повышения глобальной температуры здания перегреваются, что увеличивает спрос на системы охлаждения, что, в свою очередь, приводит к увеличению расходов на электроэнергию. В связи с этим архитекторы должны пересмотреть подход к проектированию зданий, чтобы они могли эффективно функционировать в меняющихся условиях, вызванных изменением климата [1].

При проектировании современных зданий и сооружений все чаще используются эффективные решения с использованием энергосберегающих технологий [2]. Один из наиболее эффективных способов адаптации к изменениям климата – использование пассивных систем отопления и охлаждения, которые минимизируют потребление энергии за счет естественной вентиляции и солнечного света. Примером могут служить здания с продуманной ориентацией по сторонам света и окнами, которые обеспечивают максимальное проникновение солнечного тепла зимой и предотвращают его попадание летом.

Использование натуральных материалов, таких как камень и дерево, также помогает создавать энергоэффективные здания, которые сохраняют комфортную температуру внутри, снижая потребность в искусственных системах отопления и охлаждения.

При борьбе с «островами тепла», особенно в городских условиях, используют так называемые зеленые крыши и вертикальные сады. Подобные растительные системы поглощают тепло и выделяют влагу в окружающую среду, тем самым способствуя регулированию температуры внутри и вокруг здания. Зеленые крыши не только улучшают качество воздуха, но и помогают снизить уровень углекислого газа, способны задерживать дождевую воду, снижая нагрузку на канализационные системы.



Рис.1 Вертикальный сад Патрика Блана в Париже. (<https://i.pinimg.com>)

Для адаптации к температурным перепадам пользуются технологией адаптивных фасадов. Данная технология предполагает использование материалов способных менять свои свойства в зависимости от внешних условий. Например, существуют фасады, которые автоматически регулируют уровень прозрачности стекол, позволяя зданию оптимизировать естественное освещение и теплоизоляцию. Таким образом, в теплое время года такие системы минимизируют перегрев здания, а в холодное – удерживают тепло внутри. Эти технологии также позволяют зданиям адаптироваться к жарким или холодным условиям без необходимости постоянно использовать системы кондиционирования или отопления, что делает их более энергоэффективными и экологичными.

Интеграция возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели и ветряные турбины, в архитектурные проекты – один из ключевых способов минимизации углеродного следа зданий

будущего. Многие современные проекты предусматривают установку солнечных панелей на крышах или стенах зданий, что позволяет вырабатывать электричество прямо на месте. Ветряные турбины могут быть установлены на высоких зданиях, чтобы использовать силу ветра для выработки энергии. Кроме того, существуют инновационные материалы, такие как солнечные панели, встроенные в окна, которые могут вырабатывать электричество, не снижая при этом качество освещения помещений. Такие решения делают здания не только более экологичными, но и энергонезависимыми.

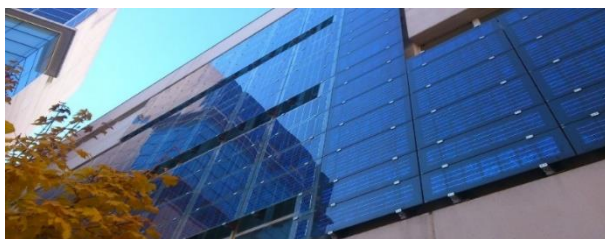


Рис.2 Солнечные панели на фасаде здания.
(Источник: (<https://mywatt.ru>))

Поскольку проблема нехватки воды становится все более актуальной в условиях изменения климата архитекторы используют различные приемы для снижения потребления воды и ее повторного использования. В качестве примера можно привести использование для полива и санитарных нужд системы сбора дождевой воды или переработанной «серой» воды из кухонь и ванных комнат. Автономные системы водоснабжения и очистки становятся особенно актуальными в регионах с ограниченными водными ресурсами.

Современные системы умного управления зданиями позволяют в зависимости от погодных условий и функционального назначения помещений автоматически регулировать требуемые параметры: освещение, вентиляцию и отопление [3]. Интеллектуальные системы также могут быть связаны с прогнозами погоды, что позволяет зданию подготовиться к изменениям внешней среды. Например, перед сильным ветром или дождем окна могут автоматически закрыться, а система водоотведения активируется для предотвращения затопления. В случае резкого похолодания здание может заранее увеличить обогрев или включить системы защиты от обледенения.

Для прибрежных и низменных территорий важными решениями являются использование подъемных фундаментов и амфибийных

зданий, которые позволяют повысить устойчивость зданий к наводнениям и штормовым волнам. Подъемные фундаменты подразумевают строительство зданий на специальных платформах, способных подниматься над уровнем земли, что обеспечивает защиту от затопления. В отличие от традиционных зданий на сваях, здания-амфибии могут изменять свою высоту в зависимости от уровня воды, что достигается за счет специальных систем, поднимающих и опускающих платформы. Такие конструкции позволяют сохранить безопасность здания без постоянной необходимости возведения дополнительных защитных сооружений, а гибкость в адаптации к изменениям уровня воды значительно снижает риски наводнений. Помимо этого, важное значение имеет укрепление зданий против ураганов и сильных ветров. Здесь важную роль играет оптимизация формы самого здания с целью улучшения его аэродинамических свойства, что позволит снизить отрицательное воздействие, создаваемое ветровой нагрузкой, а это в свою очередь обеспечит безопасность и повысит энергоэффективность объекта проектирования [4]. Например, купольные или закругленные крыши помогают избежать концентрации давления ветра на одном участке здания, снижая вероятность разрушений. Также активно применяются методы усиления конструкций с помощью более прочных материалов, таких как сталь и бетон, которые могут выдерживать высокие нагрузки.

Кроме того, разработаны специальные системы крепления кровли и окон, которые позволяют зданиям выдерживать сильные порывы ветра. Современные системы безопасности включают штормки и ставни, которые автоматически закрываются при штормовом предупреждении, защищая окна и двери от повреждений.

Изменение климата также стимулирует развитие новых концепций городской среды. Среди этих концепций можно выделить компактные города, предполагающие планирование плотных городских структур с целью минимизации транспортных расходов. Следствием этого станет уменьшение выбросов углекислого газа в атмосферу, что в конечном итоге будет способствовать снижению негативного воздействия на окружающую среду. Также важное место занимают пешеходные зоны и развитие общественного транспорта, что снижает автомобильный трафик и, как следствие, уменьшает выбросы вредных веществ, способствуя улучшению экологической ситуации в городах. Не менее значимы концепции эко-районов, включающих создание зеленых зон и парков, которые помогают снизить воздействие «тепловых островов»,

повышают качество жизни горожан и способствуют восстановлению экологического баланса в городской среде.

Основной проблемой адаптивных решений остается высокая стоимость проектов. Однако угрозы, связанные с изменением климата, требуют дальнейшего внедрения технологий, таких как мониторинг и автоматическое управление, которые обеспечат гибкость и защиту зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ardelia Davina. Adaptive architecture for future residential needs [Электронный ресурс]. URL: <https://www.linkedin.com> (дата обращения: 08.04.2025).

2. Василенко Н. А., Дегтев И. А. Объемно-планировочные критерии энергоэффективности зданий // Университетская наука. 2022. № 2 (14). С. 13-19.

3. Оразова Т., Ремазанов И., Аннагелдиева Ч. Адаптивная Архитектура: Проектирование для изменения климата и устойчивости // Международный научный журнал «Вестник науки». 2024. № 9 (78) Том 2. С. 420.

4. Малиновская М.И. Влияние формы зданий на их аэродинамические свойства [Электронный ресурс]. Систем. Требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://e-scio.ru> (дата обращения: 15.04.2025).

УДК 725.31

Гузеева В.Ю., Пардаев М.Р.

Научный руководитель: Пащикова Л.А., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТРАНСПОРТНЫЕ УЗЛЫ КАК ЭЛЕМЕНТЫ АРХИТЕКТУРНОЙ КОМПОЗИЦИИ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

В современную эпоху стремительного роста городов и формирования мегаполисов места пересечения транспортных потоков претерпели кардинальные изменения. Из простых точек на карте они превратились в сложные архитектурные комплексы, которые определяют облик современных городских пространств. Если раньше вокзалы и станции метро воспринимались исключительно как места для пересадки, то сегодня они стали центрами общественной жизни,

привлекательными для горожан и туристов, а также важными точками экономического развития территорий [1].

Улучшение условий транспортной доступности и единство всего городского и тяготеющего к нему пространства, сокращение структурно-планировочных противоречий между транспортом и городской средой во многом достигаются размещением и организацией ключевых элементов транспортной инфраструктуры - пересадочных узлов [5]. Основные узлы находятся, главным образом, вблизи общегородского центра (и в самом центре), а также в срединной или периферийной зонах города, в местах размещения вокзалов различных видов внешнего транспорта [2].

Современные транспортные узлы перестали быть просто местами пересадки. Они превратились в многофункциональные комплексы, где гармонично сочетаются различные виды транспорта, торговые площадки, культурные учреждения и зоны отдыха [2]. Эти объекты формируют новый подход к развитию городов, где архитектурные решения служат не только практическим, но и эстетическим целям, создавая комфортную среду для миллионов жителей и гостей города.

Потребность в создании эффективных, экологических и привлекательных городских пространств постоянно растёт. Понимание принципов проектирования транспортных узлов становится ключевым фактором успешного развития современных мегаполисов. Каждый элемент городской среды должен способствовать формированию комфортной и функциональной обстановки для проживания.

Транспортная инфраструктура городов претерпевает значительные изменения. Из простых точек пересечения маршрутов она превращается в комплексные архитектурные объекты. Основным принципом проектирования — многофункциональность, объединяющая различные виды транспорта и общественные функции [3,4].

При организации транспортных узлов особое внимание уделяется:

1. Пространственной организации — созданию эффективной системы распределения пассажиропотоков
2. Функциональному зонированию — чёткому разделению пространства на основные и вспомогательные зоны
3. Визуальной коммуникации — разработке понятной системы навигации

Также уделяется внимание и экологическому аспекту — внедрению современных «зелёных» технологий.

Современные транспортные узлы включают несколько основных зон:

1. Транспортная зона — платформы, перроны, остановки общественного транспорта

2. Пересадочная зона — места стыковки различных видов транспорта

3. Общественная зона — торговые помещения, кафе, рестораны, зоны отдыха

4. Административная зона — службы управления и обслуживания

5. Техническая зона — инженерные системы и коммуникации

Для успешной архитектурной интеграции транспортных узлов в городскую среду требуется комплексный подход:

1. Гармоничное сочетание с существующей застройкой

2. Создание удобных пешеходных связей

3. Организация общественных пространств

4. Внедрение современных материалов и технологий

5. Обеспечение доступности для всех категорий граждан

6. Результаты исследований

Многочисленные исследования показывают, что правильно спроектированные транспортные узлы способны значительно улучшить транспортную доступность районов и стимулировать экономическое развитие прилегающих территорий

Успешные примеры интеграции транспортных узлов можно найти в разных городах. Проект ТПУ «Пресня» в Москве демонстрирует, как можно объединить различные виды транспорта с развлекательными зонами и офисными помещениями. Аналогичные проекты реализованы в европейских городах, где транспортные узлы стали настоящими центрами общественной жизни [5].



Рис.1. - Проект ТПУ «Пресня»



Рис.2. - Станция Афрагола возле Неаполя

Транспортные узлы являются важнейшими компонентами современной городской среды. Они не только определяют развитие и облик города, но и становятся центрами общественной жизни, экономического развития и культурного взаимодействия [2].

В перспективе роль транспортных узлов будет только возрастать. Они продолжают развиваться как катализаторы развития территорий и центры притяжения для жителей и гостей города. Их совершенствование должно идти в направлении создания комфортной, безопасной и экологически устойчивой городской среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендации по проектированию общественно-транспортных центров (узлов) в крупных городах / ЦНИИП градостроительства Госстроя России. – М.: Госстрой России, 1997. – 84 с.

2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) // Собрание законодательства РФ. – 2005. – № 1. – Ст. 16.

3. Щетинин, А. С. Транспортно-пересадочные узлы современного города / А. С. Щетинин // Вестник Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – № 3. – С. 289-293.

4. Якушева, А. Е. Роль транспортно-пересадочных узлов в формировании комфортной среды современного города / А. Е. Якушева, В. К. Моор, А. Г. Гаврилов // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. – 2020. – № 4. – С. 63-70.

5. Пашкова Л.А. Эволюция большепролетных сооружений на примере олимпийских объектов / Л. А. Пашкова, Ю. В. Денисова // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2016. - №11. - С. 88-94.

Гуров Ф. В.

*Научный руководитель: Баженова О.О., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Современная реконструкция, как и вся строительная отрасль, модернизируется. Традиционные методы работы, основанные на обмерных чертежах и визуальном обследовании, с архитектурным наследием уходят в прошлое. Так как они не способны дать всю картину работ. Цифровые технологии предлагают принципиально новый парадигмальный сдвиг, заключающийся в создании и работе с точной цифровой копией реставрируемого объекта на всех этапах его исследования, проектирования и восстановления.

В статье проведен анализ ключевых цифровых технологий и инженерных программ, которые представляют собой основу научно-обоснованной реконструкции историко-архитектурных объектов, с точки зрения повышения качества.

Начальным и одним из ключевых этапов реконструкции является оценка состояния объекта. До современных методов архитекторы-реставраторы использовали в работе архивные фотографии. Однако сейчас используются новые высокоточные методы при помощи цифровых технологий.

Одним из современных инструментов является лазерное сканирование (LiDAR). Оно позволяет получить высокодетализированное трехмерное облако из точек с точностью до миллиметра (рис. 1). Технология может использоваться как в ручных приборах так и в БПЛА.

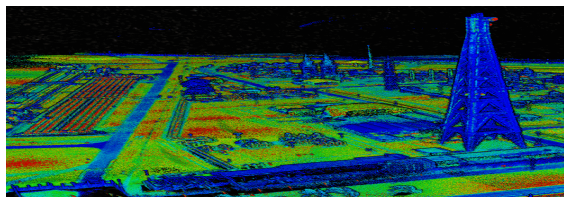


Рис 1. Пространственная модель, созданная при помощи лазерного сканирования.

Ключевой ценностью LiDAR сканнеров является результат их работы. Так как он представляет собой не просто набор чертежей, а точную пространственную модель, на которой можно увидеть все деформации, трещины и неровности, которые можно не увидеть в жизни или на фотографии.

Вторым эффективным методом сканирования является фотограмметрия. Она позволяет создать 3D-модель на основе серии фотографий, сделанных с различных ракурсов и имеющие общие точки (рис. 2). Ключевым достоинством такого метода является одновременная фиксация текстуры и геометрии поверхности объекта.

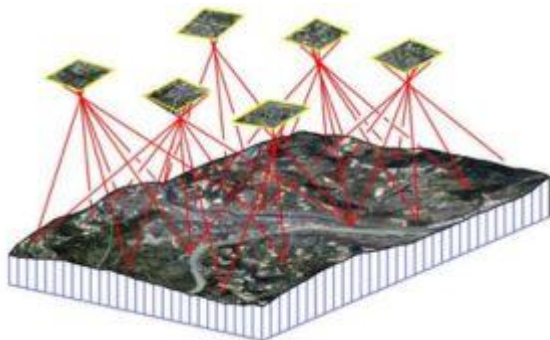


Рис 2. Пример создания 3D- модели

Для фотограмметрии используются следующие программы, такие как: Agisoft Metashape, RealityCapture, Pix4D, которые позволяют создавать фотореалистичные 3D-модели, ортофотопланы фасадов, что актуально для фиксации сложного декора.

Полученные при фиксации данные становятся основой для проектирования в двух системах BIM и CAD.

Система BIM является ключевой в современной цифровой реконструкции. В отличие от CAD систем, которые создают лишь геометрию, BIM оперирует объектами, содержащими всю информацию об элементах, а именно: материал, прочность, дата постройки, данные о состоянии. Ключевым ПО являются: Autodesk Revit и ArchiCAD (рис. 3, рис. 4).

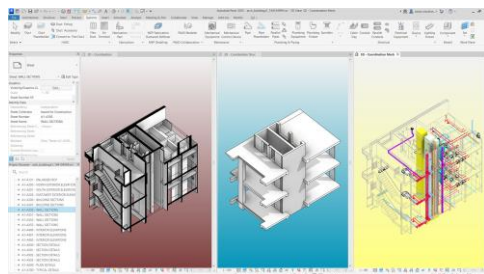


Рис. 3. Интерфейс Autodesk Revit

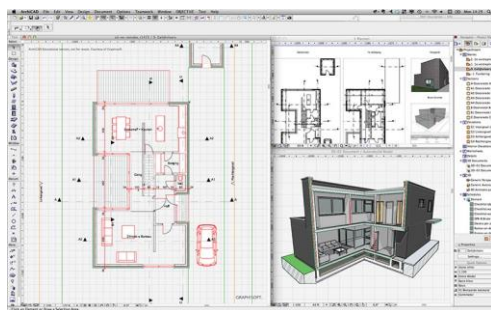


Рис. 4. Интерфейс ArchiCAD

Autodesk Revit является лидером на рынке архитектурно-строительного проектирования. Оно позволяет создавать параметрические модели, интегрировать облака точек и вести всю документацию в единой среде.

ArchiCAD обладает схожим функционалом, при этом имеет функцию MORPH, которая позволяет создавать объекты любой формы, что актуально при работе с историческими зданиями.

Рассмотрим CAD-системы, а именно: AutoCAD и Nanocad (Рис. 5). Это классические CAD-системы, служащие для создания 2D-чертежей на основании данных BIM или сканирования. Для проектно-конструкторских задач используются SCAD и LIRA-SAPR (Рис. 6). Они служат для расчета прочности и устойчивости конструкций, а также для моделирования поведения конструкций при различных нагрузках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова, Л. А. Технический надзор при реконструкции и капитальном ремонте жилых и общественных зданий: учебное пособие / Л. А. Сулейманова, В. В. Кочерженко, О. Н. Шарапов. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. - 254 с.

2. Eventtoday: центр конференций: сайт. - URL: <https://eventtoday.biz> (дата обращения: 26.09.2025). - Режим доступа: свободное прочтение. - Текст: электронный.

3. Сулейманова Л.А., Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 121-127.

4. Ацеваева А.Е., Баженова О.О. Эволюция архитектурного проектирования посредством BIM-технологии В сборнике: Образование. Наука. Производство. Сборник докладов XVI Международного молодежного форума. Белгород, 2024. С. 3-6.

УДК 69.04

¹Дегтярь Д.А., ²Серых В.Д.

Научный руководитель: ³Дегтярь А.Н., канд. техн. наук, доц.

*²Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана, г.Москва, Россия*

*²Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, г.Москва, Россия*

*³Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ТРЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЕ ПО КРИВОЛИНЕЙНЫМ НАПРАВЛЯЮЩИМ

Большое количество механизмов и элементов механических агрегатов разработаны на основе зубчатых передач, характеристики которых можно назвать уникальными: высокий к.п.д., достаточно высокая несущая способность, компактность, большой ресурс, постоянство передаточного числа и другие.

При использовании в передачах промежуточных тел качения массив зубьев находится в сложном напряженно-деформированном состоянии, так как профиль зуба имеет сложное криволинейное очертание и неоднородные граничные условия. Профиль зуба имеет

важнейшее значение и представляет собой эвольвенты окружностей. [1].

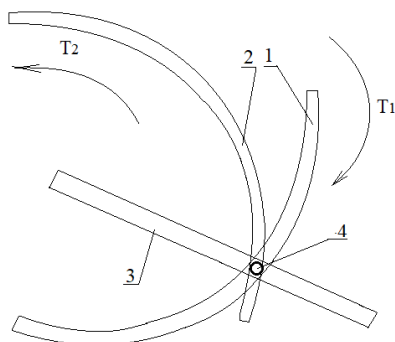


Рис. 1. Модель шаровой передачи: 1 – ведущее звено; 2 – ведомое звено;
3 – сквозные прямолинейные выборки на неподвижном диске;
4 – тела качения

Шаровые передачи отличаются принципиально от других известных передач: волновых, планетарных, зубчатых, червячных, гипоидных, фрикционных, и других передач зацеплением [2]. Шаровые передачи отличаются от других видов передач отсутствием поля зацепления зубьев высших кинематических пар. За счет непрерывной повторяемости геометрической поверхности желоба достигается постоянное передаточное число при передаче крутящего момента через тела качения, которые двигаются по смежным желобам передачи [3] (рис.1). В некоторых случаях возникают условия при которых шары качения могут проскальзывать, увеличивая трение, а следовательно увеличивается износ и шаров и желобов, происходит потеря энергии. [4].

Рассмотрим случай, когда желоб находится в вертикальной плоскости и между шаром и поверхностью желоба возникает сила трения скольжения (рис.2), а система находится в свободном движении.

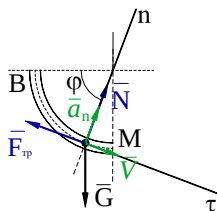


Рис. 2. Расчетная схема скольжения шара

Применим второй закон динамики в естественной форме (1).

$$\begin{aligned} ma_n &= \sum F_{kn}; \\ ma_\tau &= \sum F_{k\tau}. \end{aligned} \quad (1)$$

Учитывая, что $a_n = \frac{V^2}{R}$, $a_\tau = \frac{dV}{dt}$, где R – радиус кривизны желоба, получим

$$m \frac{V^2}{R} = -G \sin \varphi + N; \quad m \frac{dV}{dt} = G \cos \varphi - F_{\text{тр}}. \quad (2)$$

Сила трения при скольжении точки по желобу не является постоянной и представляет собой функцию двух переменных (3)

$$F_{\text{тр}} = f \left(m \frac{V^2}{R} + mg \sin \varphi \right). \quad (3)$$

Дифференциальное уравнение движения (2) после ряда преобразований принимает форму Бернулли и имеет вид:

$$\frac{dV}{d\varphi} + fV = gR \frac{\cos \varphi - f \sin \varphi}{V}. \quad (4)$$

В результате решения уравнения (4) находим скорость движения шара

$$V = \sqrt{\frac{gR}{2f^2} ((1 - 2f^2) \sin \varphi + 3f \cos \varphi)}. \quad (5)$$

Как видно из (5) скорость точки зависит от угла поворота и коэффициента трения и имеет очевидный экстремум, который можно представить графически (рис.3).

$$\varphi = \arccos \sqrt{\frac{9f^2}{9f^2 + (1 - 2f^2)^2}}. \quad (6)$$

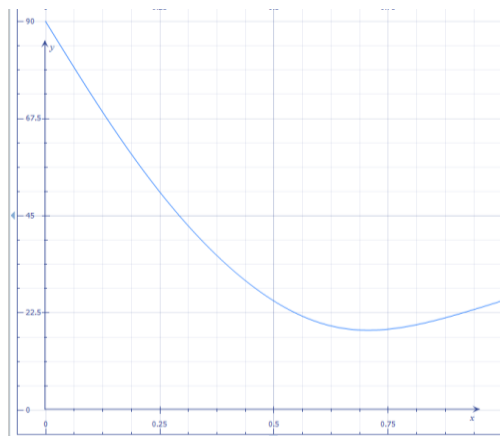


Рис. 3. Зависимость угла поворота от коэффициента трения, при котором скорость шара будет максимальной

По оси абсцисс отложен коэффициент трения, по оси ординат – угол поворота.

Таким образом для достижения необходимого значения скорости требуется подобрать коэффициент трения, который в (5) входит в неявном виде. По линии кривизны будут наблюдаться минимальные потери энергии, при использовании и подборе соответствующей смазки, снижается износ поверхностей сопряжения (т.к. максимальное значение скорости достигается быстрее при минимальном угле поворота), повышается ресурс.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плеханов Ф.И., Блинов И.А., Кутявина Л.Л. Геометрия внутреннего эвольвентного зацепления колес с малой разницей чисел их зубьев и ее влияние на нагрузочную способность планетарной передачи // Научно-практический журнал «Интеллектуальные системы в производстве». 2015. № 2. С. 67–70.
2. Strelnikov V.N., Sukov M.G. Stressed state of heavy-duty harmonic gear drive flexspline // Advances in Engineering Research. 2018. Vol. 158. Pp. 391–398.
3. Стрельников В.Н. Шаровая лобовая передача. Авторское свидетельство №396492. Оpubл. 29.08. 1973 г. Бюллетень № 36.

4. Стрельников В.Н., Уваров В.А., Дегтярь А.Н. Исследование потерь энергии в волновых редукторах // СТИН. 2023. № 8. С. 15-17.

УДК 004.9

Дмитриева Ю.А., Ляхова О.Р.

*Научный руководитель: Кадацкая Д.В., канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИНТЕГРАЦИЯ CRM С УЧЕТНЫМИ СИСТЕМАМИ КОМПАНИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Современные предприятия все чаще используют несколько специализированных систем для управления своей деятельностью. CRM-решения обеспечивают контроль взаимоотношений с клиентами. ERP и учетные платформы отвечают за финансовый, складской и производственный учет, а маркетинговые системы формируют аналитику и продвижение. Тем не менее, отсутствие тесной интеграции между этими инструментами нередко приводит к дублированию информации, ошибкам и замедлению процессов. Данные оказываются разрозненными. Это может снижать прозрачность управления и оперативность принятия решений.

Во многих организациях данные о клиентах, продажах и финансовых операциях хранятся в разных системах, которые не связаны между собой. Все это создает трудности при обмене информацией. Данные могут устаревать, не синхронизироваться, теряться или дублироваться. Также компании часто сталкиваются с несовместимостью версий программ, различием архитектур и отсутствием универсальных API и единых стандартов обмена.

По мимо технических, возникают и организационные проблемы. Несогласованность действий между отделами продаж, бухгалтерией и логистикой, недостаточная вовлеченность персонала и отсутствия четких регламентов взаимодействия замедляют бизнес-процессы и повышают риск ошибок при принятии управленческих решений [1].

В связи с этим, интеграция CRM с учетными и ERP-системами становится одним из важнейших направлений повышения эффективности бизнеса.

CRM (Customer Relationship Management) представляет собой комплекс программных и методологических решений, направленных на систематизацию и анализ взаимодействия с клиентами. Ее функционал

охватывает продажи, маркетинг, сервисное обслуживание и аналитику, формируя централизованное хранилище. В противовес этому, учетные системы (ERP, 1С:Предприятие) сфокусированы на внутренних процессах компании (финансовый учет, склад, логистика). Интеграция между этими инструментами позволяет создать единое информационное пространство данных, исключить ручной ввод и повысить точность бизнес-процессов.

Существует несколько архитектурных подходов к интеграции. К ним относятся:

- через шину данных (ESB) – использование промежуточной платформы для маршрутизации данных;
- точечная (point-to-point) – прямое соединение между отдельными компонентами;
- на основе API и middleware – обмен данными через программные интерфейсы и промежуточные сервисы;
- облачные интеграционные решения – использование внешних сервисов для унифицированного обмена [2].

Наиболее существенные технические трудности исходят из различий в форматах и структурах данных между CRM и учетными платформами. Дополнительные проблемы создают несовместимость версий ПО, отсутствие гибких API для двустороннего обмена, а также сложности в обеспечении надлежащего уровня безопасности и целостности передаваемой информации. Примером необходимости системного подхода может служить практика компании «1С». Там для интеграции 1С:CRM с 1С:ERP или 1С:Управление торговлей предусмотрены отдельные специализированные модули.

Часто главным препятствием становится человеческий фактор. Его может вызывать сопротивление изменениям со стороны сотрудников, нежелание перестраивать устоявшиеся рабочие процессы и отсутствие четких процедур обмена данными. Немаловажную роль играет и недостаточная ИТ-компетентность работников. Особенно это ощущается в компаниях, где ранее не было опыта внедрения таких решений.

Проекты по интеграции информационных систем требуют значительных вложений как финансовых, так и временных. Нередко сдерживающими факторами становятся длительность внедрения, стоимость решения и неопределенность ожидаемого эффекта. При выборе CRM компании часто ориентируются на простоту развертывания и ценовой фактор. Интеграция же с учетными системами остается на второстепенном плане [3].

Современные методы взаимодействия информационных систем опираются на комплекс технологически отработанных решений. Они направлены на создание устойчивого, безопасного и единообразного обмена данными между разнородными программными платформами.

Одним из ключевых направлений является использование API и веб-сервисов (REST, SOAP). Эти технологии основаны на применении унифицированных интерфейсов, позволяющие системам обмениваться данными по стандартизированным протоколам. За счет этого формируется главное преимущество. У организации появляется возможность двустороннего обмена информацией в режиме реального времени, что обеспечивает высокую актуальность данных и устраняет необходимость ручной синхронизации между приложениями [4].

Другим важным элементом современных решений остается ETL-процессы (аббревиатура от Extract, Transform, Load). Они предлагают автоматическое извлечение данных из источников, преобразование их в нужный формат и загрузку в целевую систему. Использование таких механизмов позволяют избежать проблем с интеграцией систем [5].

В последние годы все большее распространение получают облачные платформы (iPaaS - integration platform as a service). Решения этого типа предоставляют визуальные инструменты для настройки взаимодействия систем без написания кода. Они позволяют автоматизировать сложные сценарии обмена данными, снижая затраты на внедрение и ускоряя реализацию проектов [6].

Немаловажную роль в построении интегрированной ИТ-среды играет middleware. Применение специального промежуточного слоя, который берет на себя функции маршрутизации, форматирования и фильтрации информации, обеспечивая связь между разнородными системами [7].

Широкое применение находят и готовые коннекторы. Например, стандартные решения для взаимодействия 1С:CRM с 1С:ERP дают возможность надежно синхронизировать критически важные данные (сведения о клиентах, сделках, документации и бухгалтерских операциях). Такие инструменты сокращают риски ошибок и обеспечивают стабильную работу без необходимости глубоких технических настроек.

Рассмотрим несколько примеров успешных решений. Одним из распространенных кейсов интеграция Битрикс24 с 1С:Управление торговлей. Такое решение позволяет автоматически синхронизировать информацию о новых сделках, выставленных счетах и актуальных остатках товаров на складе.

Другой пример – связка amoCRM с бухгалтерской системой через облачную iPaaS-платформу Albato. Благодаря ней счета и акты формируются автоматически на основании данных из CRM практически без вмешательства пользователя.

По данным TAdviser, компании, которые успешно внедрили глубокое взаимодействие CRM с ERP, демонстрируют ускорение процессов обработки заказов в пределах 25-40% [8].

Перед началом интеграции рекомендуется провести аудит бизнес-процессов. Ведь, это нужно для определения узких мест и оптимизирования потоков данных. Важно использовать стандартизированные API и готовые коннекторы. Реализовывать интеграцию поэтапно, начиная с более критических модулей. Необходимо также обучать персонал и разработать регламенты обмена информацией между подразделениями.

В перспективе развитие технологий направлено на использование облачных интеграционных платформ и искусственного интеллекта, который сможет автоматически сопоставлять данные между системами и адаптировать обмен под специфику компании. Формируется концепция единого цифрового контура (Digital Core), где CRM, ERP и BI действуют как взаимосвязанные элементы одной платформы.

Интеграция CRM-систем с учетными платформами является стратегически значимым этапом в рамках цифровой трансформации любого современного предприятия. Она обеспечивает согласованность данных, ускоряет документооборот, уменьшает количество операционных ошибок и улучшает взаимодействия между отделами. Такая интеграция позволит компаниям обеспечить себе устойчивое конкурентное преимущество на рынке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кадацкая Д.В., Развитие технологического предпринимательства на современном этапе: барьеры и вызовы / Д.В. Кадацкая, Ю.С. Лаврова, В.И. Груздов // конференция «Трансформации и риски современности: междисциплинарные исследования» Экономика. Общество. Человек. материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Том 1. Выпуск XXXIX. Белгород: Изд-во Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 166–170.
2. Интеграции с CRM: что это такое и для чего нужны – Э. Режим доступа: <https://www.bitrix24.ru/> (06.10.2025)

3. Медведева Т.И., Особенности управления трудовыми ресурсами в условиях цифровой трансформации бизнеса / Т.И. Медведева, Ю.И. Селиверстов // «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию российской академии наук» Сборник докладов Национальной конференции с международным участием. Том 17. Белгород: Изд-во Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 552 –557.

4. Как интеграция API с CRM помогает автоматизировать продажи и синхронизировать данные в реальном времени – Э. Режим доступа: <https://www.kt-team.ru> (08.10.2025)

5. Что такое ETL и с какими задачами поможет – Э. Режим доступа: <https://yandex.cloud/ru> (08.10.2025)

6. Платформа iPaaS – Э. Режим доступа: <https://platformeco.ru> (10.10.2025)

7. Middleware: как ИТ-инфраструктура снижает затраты на разработку мобильного приложения – Э. Режим доступа: <https://surf.ru> (10.10.2025)

8. CRM рынок России – Э. Режим доступа: <https://www.tadviser.ru> (10.10.2025)

УДК 621.9

Довыденко И.С., Веников И.А.

Научный руководитель: Хуртасенко А.В., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ «ВАЛ ПРИВОДНОЙ» В NX CAD (SIEMENS PLM SOFTWARE)

Современное производство невозможно представить без использования CAD-систем при проектировании чертежей, сборок, 3D-моделей. Моделирование в CAD-системах – ключевой навык для любого инженера-конструктора, работающего в сфере машиностроения. Правильно построенная сборка является основой для дальнейших расчетов, производства и технического обслуживания.

В качестве примера рассмотрим моделирование сборочной единицы «Вал приводной» в NX 7.5 CAD (Siemens PLM Software).

[illegible]

Моделирование сборки начинается с размещения базового компонента «Вал» (Рис. 2). Он будет полностью фиксированным и все добавляемые компоненты будут сопрягаться с его элементами (осями, системами координат, гранями, базовыми и вспомогательными плоскостями).

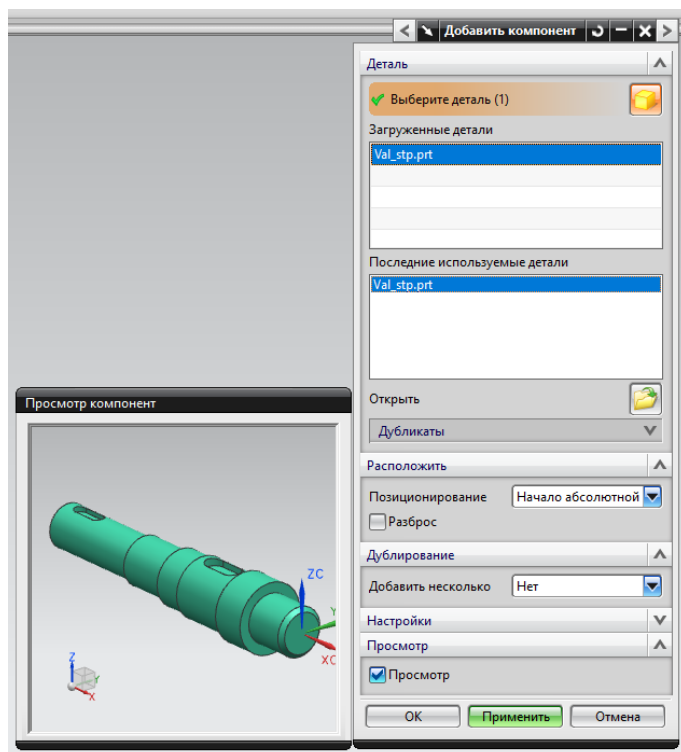


Рис. 2. Размещение базовой детали

Выбираем вид позиционирования «Абсолютное начало», то есть совмещаем систему координат «Вала» с системой координат создаваемой сборки.

Далее вставляем элемент «Шпонка», выбирая «Позиционирование по связям» (Рис. 3).

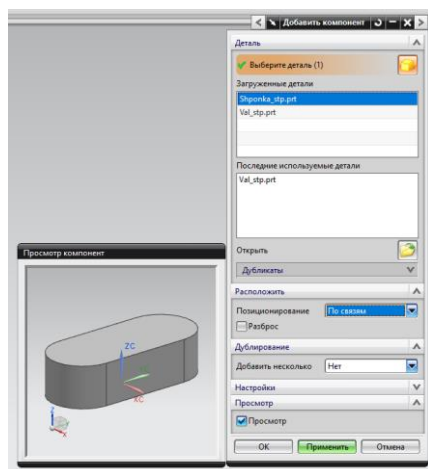


Рис. 3. Добавление элемента Шпонка

В качестве типа сопряжения выбираем «Выравнивание по касанию», ориентацию – «Касание». Первой парой сопрягаемых поверхностей выбираем нижнюю грань элемента «Шпонка» и нижнюю грань паза под шпонку базового элемента «Вал». В качестве второй пары сопрягаемых поверхностей выбираем боковые грани элемента «Шпонка» и паза под шпонку базового элемента «Вал». Третьей парой сопрягаемых поверхностей выбираем закругленную поверхность элемента «Шпонка» и закругленную поверхность паза под шпонку в базовом элементе «Вал» (Рис. 4).

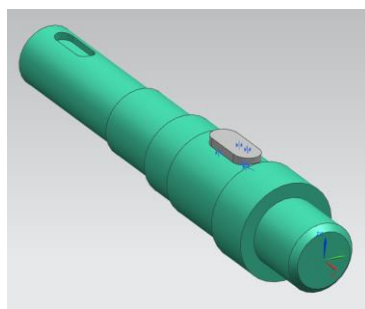


Рис. 4. Промежуточный результат моделирования

Далее добавляем последний элемент «Шестерня» в сборку. Вид позиционирования выбираем «По связям». (Рис. 5).

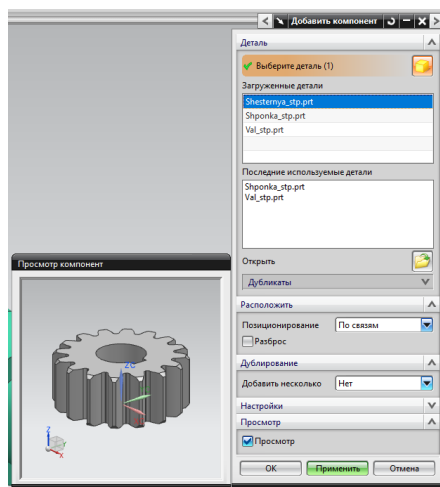


Рис. 5. Добавление элемента Шестерня

Сначала выбираем тип сопряжения «Концентричность» и в качестве пары сопрягаемых поверхностей выбираем внутреннее отверстие элемента «Шестерня». Далее выбираем тип сопряжения «Выравнивание по касанию», ориентацию выбираем «Касание». В качестве первой пары сопрягаемых поверхностей выбираем боковые грани элемента «Шпонка» и паза под шпонку элемента «Шестерня». Второй парой сопрягаемых поверхностей выбираем боковую поверхность элемента «Шестерня» и боковую поверхность ступени в базовом элементе «Вал» (Рис. 6).

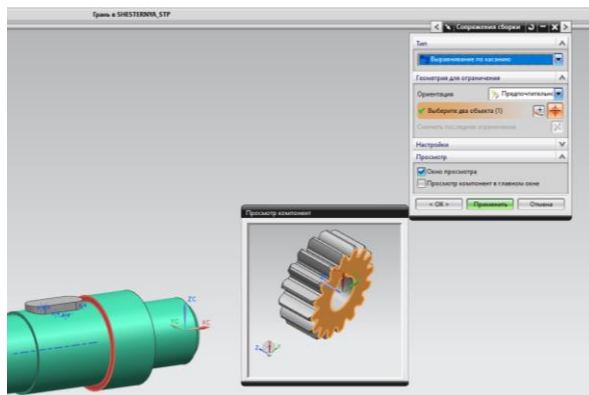


Рис. 6. Сопряжение элементов

Моделирование сборки завершено. Вид полученной сборочной единицы показан на Рис. 7.

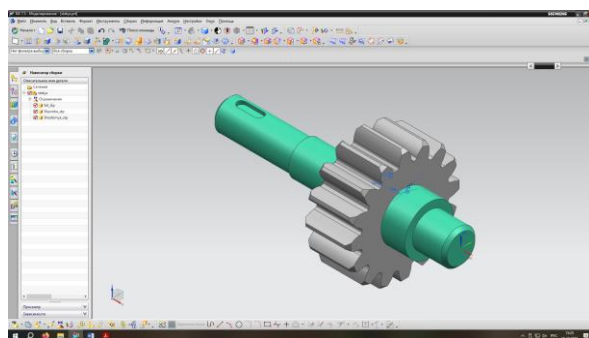


Рис. 7. Готовая модель сборки

Моделирование сборки завершено. Вид полученной сборочной единицы показан на Рис. 7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хуртасенко, А.В. Автоматизированная конструкторско-технологическая подготовка в машиностроении. Часть 1. Автоматизированная конструкторская подготовка: учебно-практическое пособие: в 2ч. / А. В. Хуртасенко, М. Н. Воронкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 170 с.

2. Кузнецов, В.С. Универсально-сборные приспособления в машиностроении. Альбом чертежей / В.С Кузнецов, В.А. Пономарев – М.: Машиностроение, 1971.

3. Ганин, Н. Б. Автоматизированное проектирование в системе КОМПАС-3D V12. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 368 с.

УДК 669.054

Долгополова А.С.

Научный руководитель: Кузьмин Е.О., асс.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Современное машиностроительное производство характеризуется значительными объемами образования металлических отходов. С экологической точки зрения, накопление металлоотходов приводит к загрязнению почв и грунтовых вод продуктами коррозии, захламлению территорий и нерациональному использованию невозобновляемых природных ресурсов.

Ужесточение природоохранного законодательства, рост экологических платежей и усиление конкуренции делают задачу рационального обращения с отходами не просто экологической, но и стратегической экономической задачей. В этой связи совершенствование процессов утилизации и переработки металлических отходов становится важным для повышения конкурентоспособности и устойчивого развития предприятий машиностроительного комплекса [1].

Разработка комплекса мероприятий по совершенствованию системы утилизации и переработки металлических отходов на машиностроительном предприятии направлено на снижение экологической нагрузки и получение экономического эффекта.

Металлоотходы, образующиеся в процессе машиностроительного производства, представляют собой неоднородную массу материалов, требующую систематизации для эффективного управления. Их классификация строится на двух ключевых критериях: тип металла и его физико-химическое состояние.

Процесс утилизации металлических отходов на многих машиностроительных предприятиях [2] сталкивается с рядом системных проблем, которые существенно снижают его экономическую и экологическую эффективность: недостаток на предприятиях современного оборудования для подготовки отходов; отсутствие селективного сбора; неэффективная первичная обработка отходов; несовершенство систем учета.

Предлагаемый комплекс мер носит системный характер и затрагивает технологические, организационные и управленческие аспекты.

Внедрение системы селективного сбора и сортировки. Фундаментом всей системы должно стать внедрение раздельного сбора отходов непосредственно в цехах [3]. На практике это означает, что для каждого вида металла устанавливаются специальные контейнеры с четкой цветовой маркировкой: например, желтые для алюминия, синие для меди. Но просто расставить разноцветные баки недостаточно - важно разработать понятные инструкции и регулярно проводить обучение рабочих, объясняя, что правильная сортировка позволяет значительно увеличить доход от сдачи металлолома. На складе временного хранения дополнительную помощь в сортировке окажет магнитный сепаратор, который автоматически отделит черные металлы от цветных, гарантируя высокое качество подготовки сырья.

Совершенствование технологий первичной обработки на предприятии. Наиболее ощутимый экономический эффект можно получить от переработки металлической стружки, которая составляет основную массу отходов. Сегодня многие предприятия сталкиваются с проблемой загрязненной маслами стружки, занимающей большой объем и продающейся по низкой цене. Решением становится организация технологической линии, где стружка сначала проходит очистку в центрифуге для удаления масел, затем сушится и прессуется в плотные брикеты. Такой подход дает сразу несколько преимуществ: объем отходов уменьшается в 5-10 раз, что снижает затраты на хранение и транспортировку; очищенный металл можно продать значительно дороже; собранные масла возможно использовать повторно. Отдельного внимания заслуживает переработка металлической пыли от шлифовки - современные фильтры и сепараторы позволяют извлекать из нее ценное металлосодержащее сырье для других производств.

Внедрение ресурсосберегающих технологий в основное производство. Кардинальное решение проблемы металлоотходов заключается не только в их эффективной переработке, но и во

внедрении передовых технологий, позволяющих значительно сократить их объем на стадии производства [4]. Ключевым направлением является переход на современные методы обработки металлов, которые по своей природе являются малоотходными или безотходными. Одним из наиболее доступных и эффективных мероприятий является замена традиционных методов резки, таких как гильотинные ножницы или механические пилы, на современные технологии — лазерную и плазменную резку. Если при механической резке в стружку или опилки может уходить до 5-10% материала, то лазерный или плазменный луч, обладающий минимальной толщиной, позволяет раскраивать листовой металл с высочайшей точностью, оставляя после себя не горы стружки, а лишь аккуратные детали. Внедрение CAD/CAM-систем автоматизированного проектирования и производства. Эти интеллектуальные системы позволяют проводить виртуальную оптимизацию раскладки деталей на листе металла. Специальное программное обеспечение автоматически подбирает наиболее компактное и экономное расположение заготовок, минимизируя промежутки между ними [5]. Наиболее революционным подходом является использование аддитивных технологий, или промышленной 3D-печати металлом. 3D-печать относится к «аддитивным» методам — деталь выращивается послойно из металлического порошка. Этот принцип коренным образом меняет философию производства: отходы в виде стружки просто не образуются. Неиспользованный порошок, не подвергшийся сплавлению лазером, может быть повторно использован для печати следующих изделий после просеивания и подготовки.

Развитие кооперации и использование IT-решений. Для устойчивого развития системы переработки важно выстраивать долгосрочное сотрудничество с металлургическими заводами, для которых качественно подготовленное вторичное сырье представляет значительную ценность. Современные технологии цифрового учета, такие как использование QR-кодов или электронных меток, позволяют отслеживать движение каждой партии лома от станка до потребителя, анализировать объемы образования отходов и оптимизировать логистику.

Предлагаемые меры по совершенствованию системы переработки металлоотходов должны продемонстрировать значительную эффективность как с экологической, так и с экономической точки зрения.

С экологической стороны реализация проекта позволит достичь нескольких важных результатов. Объем отходов, отправляемых на

свалки, сократится, что значительно уменьшит нагрузку на окружающую среду. Использование металлолома вместо первичной руды для производства новых металлов позволит сократить энергозатраты, соответственно снизит выбросы парниковых газов. Дополнительно уменьшится загрязнение почвы и воды, а также сохранятся невозобновляемые природные ресурсы. Важными дополнительными преимуществами станут улучшение санитарного состояния территории, укрепление производственной дисциплины и формирование имиджа экологически ответственного предприятия, что особенно ценно в условиях современной рыночной экономики.

Реализация данных мероприятий не только обеспечит соблюдение экологических нормативов, но и приведёт к существенному экономическому эффекту за счет роста доходов от реализации вторичных ресурсов и снижения издержек. Таким образом, рациональное управление металлоотходами станет ключевым фактором повышения конкурентоспособности и обеспечения устойчивого развития предприятий в условиях циркулярной экономики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чуев, К.В. Технологические аспекты извлечения металлических компонентов из резинотехнических изделий / К. В. Чуев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 12. – С. 106-115.

2. Утилизация отходов предприятий [Электронный ресурс] // ХИМИЯ-2025. Режим доступа: <https://www.chemistry-expo.ru> (дата обращения: 02.10.2025).

3. Селективный сбор мусора [Электронный ресурс] // Экоурна.рф. Режим доступа: <https://xn--80atjdkr1e.xn--p1ai/selektivnyj-sbor-musora/> (дата обращения: 03.10.2025).

4. Якубова А. Р. Ресурсосберегающие технологии [Электронный ресурс] // Время развития. Режим доступа: <https://vremyazarazvitiya.ru> (дата обращения: 02.10.2025).

5. Внедрение CAD/CAM-систем [Электронный ресурс] // Соис консалт. Режим доступа: <https://sois-consulting.ru> (дата обращения: 03.10.2025).

Доронина А.И., Цой Е.А., Орлов Л.В.

Научный руководитель: Семькина А.С., канд., техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Обеспечение безопасности дорожного движения – жизненно важная задача для всего человечества. Ежегодно дорожные аварии приводят к гибели и травмированию огромного количества людей по всему миру. В России, несмотря на определенные успехи, проблема остается актуальной. Цель данной работы – выявить основные причины дорожно-транспортных происшествий и предложить эффективные меры для повышения безопасности на дорогах и спасения жизней [1].

Ключевым фактором, обуславливающим большинство ДТП, является человеческий фактор. Водители часто пренебрегают правилами дорожного движения, превышают допустимую скорость, игнорируют приоритет пешеходов и управляют транспортными средствами в нетрезвом виде.

Безопасность на дорогах напрямую зависит от их состояния. Ямы, стертая разметка и тусклое освещение создают опасные условия для движения. Вдобавок, многие водители не обладают достаточными навыками, плохо разбираются в правилах, не имеют опыта и ведут себя на дороге безответственно [2].

Проблему усугубляет ненадлежащий надзор за дорогами и пренебрежение профилактикой. Для значительного снижения аварийности требуется многосторонний подход. Прежде всего, нужно ужесточить наказания за грубые нарушения ПДД, включая вождение в состоянии опьянения, превышение скорости и выезд на встречную полосу. Во-вторых, необходимо повысить безопасность дорог, обеспечив своевременный ремонт, обновление разметки и знаков, а также установку защитных ограждений [3].

Для повышения безопасности дорожного движения критически важно как техническое обеспечение, так и работа с общественностью. Техническая сторона включает в себя внедрение современных систем: видеофиксацию нарушений, адаптивные светофоры, информационные табло с данными о трафике и метеоусловиях. В то же время, необходимо активно работать с населением, проводя образовательные программы,

улучшая качество подготовки водителей и формируя культуру безопасного вождения с юных лет [4].

Современные интеллектуальные транспортные системы набирают обороты, предлагая технологии для анализа дорожного движения, оптимизации работы светофоров и динамического управления трафиком в реальном времени [5].

Машины все чаще оснащаются умными помощниками: автоматическим торможением, системами, которые помогают парковаться и держать машину в полосе. А когда происходит анализ информации о том, где и как случаются аварии, возможно найти опасные места и предотвращать опасные ситуации, пока они не произошли.

Ряд государств продемонстрировал существенные успехи в улучшении безопасности на дорогах. Ярким примером является Швеция с ее инициативой «Vision Zero», направленной на полное искоренение летальных исходов в результате ДТП. Ключевым элементом этой стратегии является создание дорожной инфраструктуры, минимизирующей риски и последствия человеческих ошибок. В Японии повсеместно применяются камеры и датчики, а водители, достигшие определенного возраста, обязаны проходить дополнительное обучение [6].

Становится очевидным, что системные меры и политическая решимость способны привести к значительным позитивным изменениям. Безопасность дорожного движения – это не только прерогатива правительства, но и зона ответственности каждого участника движения. Только благодаря синергии законодательных инициатив, технологических инноваций и образовательных программ мы сможем добиться ощутимых результатов[7].

Важно, чтобы каждый водитель осознавал, что его поступки имеют прямое влияние на благополучие окружающих. Ключевыми факторами для повышения безопасности на дорогах являются ответственность, внимательность и уважение к другим.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семькина А.С. Повышение безопасности дорожного движения за счет снижения тяжести последствий ДТП / А.С. Семькина, Н.А. Загородний // Мир транспорта и технологических машин. - № 3(62) 2018. - С. 88-96.

2. Андреева, С.О. Основные факторы, влияющие на возникновение дорожно-транспортных происшествий и меры их предупреждения / Андреева С.О. // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Сборник докладов. Белгород, 2024. С. 7-10.

3. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы. Официальный сайт Минтранса РФ

4. ГИБДД МВД России. Единая статистика по дорожно-транспортным происшествиям.

5. Интеллектуальные транспортные системы: мировой опыт и российская практика / под ред. П. В. Сорокина. — М. : Транспорт, 2021. — 312 с.

6. World Health Organization. Global status report on road safety 2018 — Geneva : WHO, 2018.

УДК 621.91.02

Дубраков А.А., Божко Е.Д., Ситников Н.Д.

Научный руководитель: Чуев К.В., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ РАЗНЫХ ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВА ВВЕДЕНИЕ

Расчёт производительности процессов механической обработки представляет собой важный аспект, который позволяет оценить эффективность работы производственного оборудования и трудозатрат. Производительность в данном контексте — это количественный показатель, который демонстрирует, сколько единиц продукции может быть изготовлено за определённый промежуток времени в ходе выполнения различных операций механической обработки.

Существует несколько ключевых параметров, которые влияют на производительность. Во-первых, это объём обработки, который обозначает количество деталей или обработанных единиц продукции за заданный период. Во-вторых, важно учитывать время цикла одной операции. Этот параметр включает в себя основное время, затрачиваемое непосредственно на обработку, а также время, необходимое для подготовительно-заключительных операций, обслуживания оборудования и перерывов. Нельзя забывать и о

количестве задействованного оборудования и рабочих, так как это напрямую влияет на общую пропускную способность производственного участка.

Существует несколько видов производительности процессов механической обработки, каждый из которых имеет свои особенности. Штучная производительность определяется как количество деталей, изготовленных за единицу времени при условии непрерывной и безотказной работы оборудования. Технологическая производительность рассчитывается исходя из машинного времени, и её значение актуально только в тех случаях, когда процесс обработки осуществляется без остановок. Также выделяют производительность формообразования, которая характеризует площадь поверхности, обработанной на станке за единицу времени. Этот показатель позволяет оценить эффективность работы оборудования, связанного с формированием деталей. Производительность резания, в свою очередь, указывает на объём материала, который был снят с заготовки в течение определённого времени. Данный параметр часто используется для оценки возможностей станков, предназначенных для предварительной обработки, а также для сравнения различных технологических методов размерной обработки. Формула расчёта производительности может варьироваться в зависимости от конкретного процесса и его условий. В общем виде, производительность может быть выражена как отношение объёма обработки к времени цикла. Это позволяет производителям оптимизировать свои процессы, выявляя узкие места и возможности для улучшения. В заключение, понимание и правильный расчёт производительности процессов механической обработки являются ключевыми для повышения эффективности производства, снижения затрат и улучшения качества продукции. Каждый из вышеперечисленных параметров и видов производительности играет свою роль в общем процессе, и их учёт помогает в принятии более обоснованных управленческих решений.

Формула расчёта производительности

Производительность (П) обычно рассчитывается как отношение объёма обработанных деталей (Q) к затраченному времени (T):

$$П = Q / T \quad (1)$$

Где:

- П — производительность (детали в час или за другую единицу времени),
- Q — количество рабочих мест (станков, операторов),
- T — штучное время обработки одной детали (в часах, минутах).

Учет штучного времени и такта

Для более детализации расчёта применяется штучное время (t) — время обработки одной детали. Тогда:

$$П = 1 / t \quad (2)$$

Если учитывать количество рабочих мест (n), имеем:

$$П = n / t \quad (3)$$

Основные составляющие времени обработки

- Основное время (t_{осн}) — непосредственно время механической обработки детали.

- Вспомогательное время (t_{всп}) — время на подготовку, наладку, смену оснастки.

- Организационно-техническое время — временные затраты на управление и обслуживание.

- Простой и перерывы — учитываются в общем времени.

Общее штучное время:

Штучное время включает несколько составляющих:

$$t = t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{орг}} + t_{\text{пр simple}} \quad (4)$$

- t_{осн} — основное время на механическую обработку детали (включает резание, сверление, фрезерование и т.д.)

- t_{всп} — вспомогательное время — это время, затрачиваемое на операции, не связанные непосредственно с обработкой заготовки, но необходимые для осуществления производственного процесса. (подготовительно-заключительные работы, транспортные операции, техническое обслуживание и контроль, организационные операции, вспомогательные технологические операции)

- t_{орг} — организационно-техническое время (подготовка деталей, контроль качества). На неё не можем повлиять по нормам СанПиН

- t_{пр simple} — время простоев, перерывов, технического обслуживания (если учитывается)

Факторы, влияющие на производительность

- Тип и состояние оборудования

- Квалификация оператора

- Сложность и точность обработки

- Наличие и эффективность системы технического обслуживания

- Организация рабочего места и движения потоков материалов

Применение расчёта на практике

Расчёт производительности позволяет:

- Определить оптимальное количество оборудования и персонала

- Составить графики производства

- Улучшить технологии и уменьшить время обработки

- Снизить издержки и повысить качество

Важные нюансы

- В производительность часто включают коэффициент использования оборудования (K_i), учитывая фактическое время работы ($K_i \leq 1$):

$$P = n * K_i / t \quad (5)$$

- При серийном производстве важен расчёт общемассового времени цикла, включая переналадки и простои.

- Производительность может быть выражена в весе, объёме или длине обработанного материала, в зависимости от типа продукции.

Для того чтобы точно определить производительность процессов механической обработки, необходимо правильно рассчитать время, затрачиваемое на обработку одной детали, принимая во внимание все его составляющие. Кроме того, важно учитывать организационные факторы, которые могут влиять на этот процесс. Этот шаг является основополагающим для повышения эффективности производственной деятельности. Важно уделить внимание каждому аспекту, чтобы обеспечить оптимальное функционирование процессов и, как следствие, улучшить общую производительность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зозулева, Л. А. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : конспект лекций : учебное пособие для студентов специальности 151001 / Л. А. Зозулева, М. Н. Воронкова. — Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2007.

2. Архипова, Н. А. Процессы и операции формообразования [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов очной формы обучения специальности 15.05.01 – Проектирование технологических машин и комплексов специализации «Проектирование технологических комплексов механосборочных производств» / Н. А. Архипова, Т. А. Блинова. — Белгород : Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017

3. Аршинов В. А., Алексей Г. А. Резание металлов и режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов очной формы обучения специальности 15.05.01– Проектирование технологических машин и комплексов специализации «Проектирование технологических комплексов механосборочных производств» / Аршинов В. А., Алексей Г. А. Изд. 3-е, перераб. И доПС

Учебник для машиностроительных техникумов. М., «Машиностроение», 1975. – 440с.

4. Харитонов Д. В., Блинова А. Н., Анашкина Д. А. Повышение производительности участка механической обработки керамических изделий в ОПК [Электронный ресурс] / Харитонов Д. В., Блинова А. Н., Анашкина Д. А. - <https://toptechnologies.ru>

5. Кленова О. С., Новикова Ф. В., Андилаха А. А. Концепции повышения производительности и снижения технологической себестоимости механической обработки деталей машин [Электронный ресурс] / Кленова О. С., Новикова Ф. В., Андилаха А. А. - <https://cyberleninka.ru>

УДК 006.32

Дубровин В.В.

*Научный руководитель: Луценко О.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ (Индустрия 4.0 и интернет вещей IoT)

Сегодня цифровые технологии коренным образом меняют экономическую, социальную, культурную и человеческую среду современного общества. Стремительное развитие искусственного интеллекта оказывает влияние на все ключевые сегменты мирового ИТ-рынка. Традиционно, одной из наиболее откликающейся и восприимчивой к возможностям новых технологий оказывается промышленная сфера. В условиях стремительной цифровизации и глобализации стандарты становятся основой для устойчивого развития промышленности, науки и международного сотрудничества [1].

Стандартизация – это процесс разработки и внедрения единых технических норм, правил и требований, обеспечивающих совместимость, безопасность и эффективность технологий [4]. На сегодняшний день стандарт воспринимается, прежде всего, как руководство к действию. В технических регламентах, национальных и международных стандартах, сводах правил содержатся требования к продуктам и услугам [3,5]. Без современных решений, предлагаемых стандартизацией, глобальная автоматизация невозможна: она будет

очень сильно тормозиться из-за устаревших форматов представления стандартов.

Современная промышленность переживает четвертую технологическую революцию (Индустрия 4.0) [3]. Министерство промышленности и торговли Российской Федерации утвердило перспективный план стандартизации в области передовых производственных технологий на период с 2025 по 2030 год [1]. Этот план станет продолжением развития концепции Индустрии 4.0, которая представляет собой новый комплексный подход к производству. На практике этот подход предполагает разработку наиболее востребованных стандартов в области умного производства, цифровых фабрик, цифровых двойников, киберфизических систем, промышленного интернета вещей (IoT), сенсорные сети, виртуальная реальность и дополненная реальность [1].

Речь идет о массовом распространении подключенных к интернету устройств и внедрении информационных технологий в промышленность, масштабной автоматизации бизнес-процессов и распространении цифровых технологий. Следствием этого является генерация огромных массивов информации, для анализа которой необходимы эффективные инструменты, в том числе основанные на искусственном интеллекте [6].

Индустрия 4.0 и промышленный Интернет вещей — многообещающие концепции, для реализации которых необходимо объединить все объекты инфраструктуры компании. Традиционный подход к управлению предприятием был основан на раздельном использовании систем операционных (ОТ) и информационных (ИТ) технологий [2]. С течением времени благодаря технологическим улучшениям эти две области постепенно сближались, пока не объединились в одну. При правильной конфигурации такое объединение объектов инфраструктуры обеспечит компаниям преимущества, в том числе позволит сэкономить время и финансовые ресурсы. Оно позволит выполнять контроль, планирование, а также техническое обслуживание и ремонт в режиме реального времени, поскольку собранные данные будут доступны незамедлительно [5]. Однако, упрощенный доступ к данным, взаимозависимость и взаимосвязь систем подразумевает определенные риски.

Во-первых, это разрозненность технологий, которая приводит к тому, что разные производители используют собственные протоколы, а это затрудняет интеграцию. Во-вторых, IoT-устройства уязвимы для хакерских атак. В-третьих, направленность стандартов на "зеленые"

технологии и снижение углеродного следа. И наконец, вопросы этики связаны с недопущением дискриминационных алгоритмов и обеспечением прозрачности решений.

Стандартизация в области «Индустрии 4.0» и IoT поможет обеспечить совместимость, так как международные стандарты охватывают обмен данными, кибербезопасность и управление качеством, а национальные стандарты адаптируются под специфические нужды стран [3,5]. Кроме этого, позволит снизить барьеры для входа новых поставщиков сервисов, ведь стандартизация улучшает взаимодействие различных приложений и сервисов, а также ускорит распространение технологий [1]. Создание общепринятых стандартов позволит использовать приложения и сервисы IoT в больших масштабах.

Индустрия 4.0 и IoT имеют множество преимуществ. К ним относятся:

1. Индустрия 4.0 и IoT повышают эффективность благодаря автоматизации бизнес-процессов и аналитике данных. Более эффективное управление данными и мониторинг в режиме реального времени снижают количество ошибок и делают процессы более эффективными.

2. Автоматизация и аналитика данных помогают предприятиям сократить расходы. Оптимизация использования энергии и ресурсов, сокращение отходов и повышение эффективности бизнес-процессов позволяют значительно сократить расходы.

3. Индустрия 4.0 и IoT обеспечивают предприятиям конкурентные преимущества. Ускорение производственных процессов, улучшение контроля качества и способность быстро реагировать на запросы клиентов повышают конкурентоспособность предприятий.

Создаваемые национальные стандарты планируют использовать для дальнейшего совершенствования технологий межмашинного взаимодействия и киберфизических систем, ожидается, что это ускорит процесс внедрения инноваций в российскую промышленность. Именно поэтому в настоящее время идет их активная разработка. Имеющиеся концепты весьма перспективны и приближают момент полной автоматизации промышленности большими темпами.

Согласно «Перспективному плану стандартизации в области передовых технологий», ключевыми направлениями являются [1]:

1. Стандарты для Интернета вещей (IoT/IIoT). Включают разработку протоколов связи (OPC UA, MQTT, Time-Sensitive Networking) для надежного обмена данными, стандартов безопасности

IoT (защита от DDoS-атак, шифрование данных, сертификация устройств), а также стандартов Edge Computing для обработки данных на периферийных устройствах.

2. Цифровые двойники и киберфизические системы. Охватывают форматы цифровых моделей (Digital Twin Consortium, ISO 23247) и их интеграцию с CAD/CAE-системами для создания комплексных производственных решений.

3. Искусственный интеллект в промышленности. Включают разработку этических стандартов применения ИИ и требований к качеству данных для обучения нейросетей, исключающих смещения в алгоритмах.

4. Беспроводные технологии (5G/6G, LPWAN). Предусматривают создание норм для промышленного IoT, обеспечивающих устойчивость к помехам и низкое энергопотребление устройств.

5. Кибербезопасность критической инфраструктуры. Включают стандарты ГОСТ Р 59550 для защиты АСУ ТП и разработку требований по обнаружению аномалий в реальном времени.

Без единых стандартов невозможно обеспечить безопасность критической инфраструктуры, создать масштабируемые экосистемы (такие как "умные города") и выйти на международные рынки с конкурентоспособными решениями.

Россия активно участвует в разработке стандартов, но для полного технологического суверенитета необходимо:

- ускоренное внедрение отечественных стандартов;
- поддержка R&D в области промышленного IoT и AI;
- сотрудничество с бизнесом и наукой.

Стандартизация в области промышленной автоматизации – это не только техническая необходимость, но и стратегический фактор конкурентоспособности страны. Единые стандарты позволяют не только ускорить внедрение инноваций и обеспечить безопасность и устойчивость промышленных систем, но и укрепить позиции России на мировом рынке высоких технологий.

Таким образом, развитие стандартизации в рамках Индустрии 4.0 и IoT – это путь к технологическому суверенитету и экономическому процветанию, это фундамент, на котором строится будущее российской промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Распоряжение Минпромторга России от 27.05.2022 № 1546-р «Об утверждении Перспективного плана стандартизации в области передовых производственных технологий на период до 2030 года». – Москва, 2022. – 45 с.
2. ГОСТ Р 59550-2021 Защита автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Требования к обеспечению безопасности. – Введ. 2022-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2021. – IV, 32 с.
3. Об утверждении Стратегии развития искусственного интеллекта в Российской Федерации : распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 авг. 2023 г. № 1234-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2023. – № 34. – Ст. 5678. – С. 112–125.
4. Регламент Евразийского экономического союза «О стандартизации в области Индустрии 4.0» : (утв. Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 15.11.2022 № 125). – Москва : ЕЭК, 2023. – 67 с.
5. Шалаев, А. П. Цифровые стандарты - новый этап развития стандартизации? / А. П. Шалаев // Стандарты и качество. – 2019. – № 7. – С. 54–59.
6. Рубанов, В. Г. Теория проектирования бортовых систем управления мобильными роботами, обладающих свойством живучести : монография / В. Г. Рубанов, И. А. Рыбин, А. Г. Бажанов [и др.] – Белгород : Изд-во БГТУ, 2022. – 214 с.

УДК 711.58

Дубровина А.Е.

Научный руководитель: Вовженяк П.Ю. ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ МИКРОРАЙОНОВ КРУПНОГО ГОРОДА НА ПРИМЕРЕ МИКРОРАЙОНА ДУБРОВКА Г. БЕЛГОРОД.

Проектирование микрорайонов — это комплексный процесс, включающий в себя множество факторов, от выбора типа застройки до оптимизации инфраструктуры для комфортного проживания.

Микрорайон Дубровка в Белгороде — один из интересных примеров проектирования, который можно рассматривать в контексте современных тенденций в градостроительстве. Для характеристики особенностей инфраструктуры проведём анализ данного объекта.

Микрорайон Дубровка спроектирован с учётом потребностей разных категорий жителей. В районе есть школа, детский сад, которые сокращают необходимость в дальних поездках. Также на территории микрорайона имеются торговые объекты - магазины, аптеки, кафе и другие социально важные объекты, что делает его удобным для проживания семей. Кроме того, присутствуют здравоохранительные объекты, к примеру, поликлиника, медицинский центр. Важно, чтобы такие учреждения находились в шаговой доступности. Микрорайон хорошо связан с центральной частью города благодаря наличию автобусных маршрутов и близости к основным магистралям. Это уменьшает время в пути для людей, работающих или учащихся в других частях города Белгорода.

Однако, на фоне роста численности населения, инфраструктура не всегда успевает развиваться с должной скоростью. Например, дороги и парковки иногда перегружены, что может вызывать дискомфорт для местных жителей. Пока этому вопросу нет решения, так как демография в нашем регионе находится в крайне сложном положении.

В микрорайоне Дубровка представлена разнообразная застройка: Многоквартирные и средне этажные дома — часто строятся в виде монолитно-кирпичных или кирпичных конструкций. Индивидуальное жилое строительство — это часть районов, где жители могут себе позволить постройку индивидуального жилья с участками. Социальное жильё — это здания, предназначенные для социального жилья, с учётом доступности для семей с низким доходом.



Рис. 1 Микрорайон Дубровка г. Белгород

Современные тенденции проектирования предполагают использование инновационных материалов и технологий для повышения энергоэффективности и устойчивости зданий.

Планировки домов в микрорайоне, как правило, ориентированы на максимальную эффективность использования пространства. Современные многоквартирные проектируются с учетом улучшенной вентиляции, теплоизоляции и шумоизоляции, а также с использованием современных планировочных решений, таких как: свободные планировки, логичные и эргономичные решения. Современные жилые комплексы предусматривают наличие удобных балконов, террас и лоджий для отдыха на свежем воздухе.

Улицы микрорайона Дубровка организованы так, чтобы обеспечить удобный доступ как для пешеходов, так и для автотранспорта. Принцип «градостроительной сетки» с несколькими важными артериями, которые соединяют микрорайон с центральной частью города и другими районами Белгорода, обеспечивают быструю и удобную транспортировку.

Важные элементы современного городского планирования являются велосипедные дорожки и пешеходные зоны, которые используются для улучшения экологической ситуации и повышения удобства передвижения для всех групп населения.

Дубровка находится в непосредственной близости от промышленных зон и это может привести к повышенному уровню шума и загрязнения воздуха. Также близость к основным трассам может повлиять на общий уровень комфорта. В данном случае, буферные зоны могут быть организованы в виде зелёных насаждений, ландшафтных парков, рекреационных пространств для жителей, такие как зоны для прогулок и отдыха, детские площадки и водоёмы, которые также выполняют роль экологического барьера.

В последние годы в проектировании микрорайонов активно используется принцип устойчивого развития. Это включает в себя: зеленые крыши и солнечные панели на жилых и общественных зданиях для сокращения потребности в энергии; энергоэффективные здания, с улучшенной теплоизоляцией, что снижает расходы на отопление и кондиционирование; дождевые садики и системы управления водными ресурсами, чтобы эффективно управлять дождевой водой и предотвращать её излишки.

Хотя в районе есть зеленые зоны, не всегда удастся эффективно защищать их от застройки. Это может уменьшить количество зелени в будущем и повлиять на экологическую ситуацию.

Использованы современные проектные решения в плане безопасности. Это выражается в следующих аспектах:

- видеонаблюдение в общественных местах;
- охрана территории – на входах в жилые комплексы могут располагаться посты охраны или автоматические системы доступа;
- освещённость улиц – это способствует улучшению безопасности в тёмное время суток.

Проектирование микрорайонов, таких как Дубровка в Белгороде — это баланс между функциональностью, эстетикой и комфортом для жителей. Современные подходы в планировании включают разнообразие типов жилья, продуманную инфраструктуру, экологические и энергоэффективные решения, а также внимание к безопасности и удобству передвижения. Все эти факторы способствуют созданию качественного жилого пространства для различных категорий населения, удовлетворяя потребности современного города.

В целом, микрорайон Дубровка представляет собой перспективную территорию с удобной инфраструктурой, но, как и любой развивающийся район, сталкивается с рядом конфликтов интересов людей, связанных с ростом населения и экологическими проблемами, решение которых будет реализовано в процессе эксплуатации и роста новых территорий.

Данные принципы, рассмотренные на примере микрорайона Дубровка, могут использоваться в проектировании микрорайонов и в других регионах страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении государственной программы Белгородской области «Формирование современной городской среды на территории Белгородской области» : Постановление Правительства Белгородской области от 28 декабря 2023 года N 815-пп // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации (дата обращения 16.10.2025).

2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031. Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных мест. 2001 (дата обращения 13.10. 2025).

3. Базавлук, В. А. Основы градостроительства и планировка населенных мест: жилой квартал : учебник для вузов / В. А. Базавлук, Е. В. Предко. – 2-е изд. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 109 с. – (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20230-4. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru> (дата обращения: 16.10.2025).

4. Вовженяк П.Ю. Фактор цвета в архитектурной среде города Белгорода // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2018. No 2 (22). – С. 114-120.

5. Глухов, А. Т. Транспортная планировка, землеустройство и экологический мониторинг городов : учебное пособие / А. Т. Глухов, А. Н. Васильев, О. А. Гусева. – Изд. 3-е стер. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. – 323 с.

6. Цитман, Т. О. Благоустройство дворовых территорий в районах жилой застройки / Т. О. Цитман, М. Д. Поташова, С. М. Петунина // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2017. – № 2. – С. 103-114.

УДК 658.5.012.1

Дудина Е.И., Смагина А.Р., Пономарева П.С.

Научный руководитель: Добринская О.А., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА «5 ПОЧЕМУ» И ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ В БОРЬБЕ С ПОТЕРЯМИ В КЕРАМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Современное промышленное производство, в том числе керамическое, работает в условиях жесткой конкуренции, где ключевыми факторами успеха являются не только качество продукции, но и эффективность использования ресурсов. В этом контексте концепции бережливого производства, направленные на системное устранение всех видов отходов, становятся все более актуальными. Для керамической промышленности, характеризующейся высокой энерго- и материалоемкостью, а также сложными технологическими процессами, борьба с отходами становится стратегической задачей. Наиболее существенными из них являются потери от брака – дефекты в виде трещин, вздутий и деформаций, которые часто выявляются на конечных этапах производства и затраты, на которые многократно возрастают [1].

Однако эффективная борьба с браком невозможна без глубокого понимания ее причин. Поверхностное устранение причин приводит лишь к временным результатам и повторению проблем. Метод «5 почему» и диаграмма Исикавы занимают особое место в арсенале инструментов бережливого производства для решения этой проблемы. Эти, казалось бы, простые методики предлагают структурированный и системный подход к анализу дефектов, позволяя выйти за рамки очевидных объяснений и выявить истинные причины несоответствий [2].

Целью данной статьи является комплексный анализ потенциальных возможностей применения метода «5 почему» и диаграммы Исикавы для диагностики и минимизации производственных дефектов в условиях керамического производства. В статье рассматриваются теоретические основы этих методов, их особенности применительно к процессам производства керамики, а также практические примеры их использования для анализа распространенных дефектов, таких как трещины, вздутия и деформации. Результатом данного исследования станет демонстрация того, как синергетическое применение этих инструментов позволяет не только локализовать конкретную проблему, но и разработать устойчивую систему предотвращения потерь, способствующую значительному повышению качества и рентабельности компании.

И так, рассмотрим каждый метод по отдельности. Метод «5 почему» – это метод решения проблем, цель которого определить первопричину проблемы, задавая вопрос «Почему?» (обычно пять раз, но количество ответов может варьироваться) [3]. Суть метода заключается в том, чтобы не останавливаться на поверхностных, симптоматических причинах проблемы. Большинство людей склонны останавливаться на первом или втором «потому что», но настоящая причина часто кроется глубже. Данный метод помогает с решением следующих проблем: борьба с потерями – «5 почему» не только помогают устранить симптом (например, заменить сломанную деталь), но и навсегда устраняют первопричину, её вызвавшую; предотвращение повторных проблем – устранение первопричины гарантирует, что проблема не повторится; эффективность вместо временного решения – метод предлагает системные изменения в процессах; развитие культуры решения проблем – метод вовлекает сотрудников в анализ своей работы и развивает критическое мышление [4]. Рассмотрим данный метод на конкретном примере – дефект «трещины после обжига»:

Почему №1: почему на изделиях появились трещины?

Ответ: из-за внутренних напряжений, которые возникли во время обжига.

Почему №2: почему возникли внутренние напряжения?

Ответ: потому что температура в печи поднималась слишком быстро.

Почему №3: почему температура поднималась слишком быстро?

Ответ: потому что оператор установил ускоренную программу обжига.

Почему №4: почему оператор установил ускоренную программу?

Ответ: потому что нужно было срочно выполнить заказ, и он решил сэкономить время.

Почему №5: почему возникла ситуация, когда нужно было срочно выполнить заказ?

Ответ: потому что производственное планирование не учитывает нормативное время для качественного обжига, или есть хроническая нехватка мощностей печи.

Коренная причина: несовершенство системы планирования производства и/или недостаток производственных мощностей, что приводит к нарушению технологического режима.

Решение: пересмотреть систему планирования, ввести строгий регламент обжига (запрет на изменение программ), рассмотреть вопрос о повышении мощностей.

Таким образом, данный метод позволяет фокусироваться на одной конкретной проблеме, находя точное её решение. Метод «5 почему» можно просто и быстро применить непосредственно в цеху, не требуя сложного программного обеспечения.

Перейдем к анализу решения проблемы с помощью диаграммы Исикавы. Диаграмма Исикавы (диаграмма причин и следствий), или «рыбья кость» в контексте Бережливого производства – это мощный инструмент для структурированного группового анализа причин проблемы. Его основная цель – не просто найти, а визуализировать все возможные причины проблемы, сгруппировав их по категориям, чтобы выявить первопричины и устранить их, борясь с потерями [5]. Особенности диаграммы Исикавы являются: систематический подход к сокращению отходов – диаграмма Исикавы заставляет команду рассматривать проблему со всех сторон; участие команды – это инструмент для совместной работы. Сформирована команда из разных отделов (производство, технологи, качество), что позволяет решать проблему с разных точек зрения и избегать возложения вины на кого-то одного. Визуализация – на диаграмме показана сложная проблема,

которую легко понять. Вся информация о потенциальных причинах будет найдена в конце [6]. Также данная диаграмма позволяет сосредоточиться на первопричинах, т.е. устранить несущественные причины и сконцентрировать усилия на тех, устранение которых даст максимальный эффект. Часто диаграмма Исикавы является первым шагом, после которого для проверки выявленных гипотез используются другие инструменты (например, диаграмма «5 причин» или сбор данных) [7]. Выделяют 6 типичных категорий (для производства):

- 1) люди – квалификация, действия операторов;
- 2) метод – технологические процессы, инструкции;
- 3) оборудование – печи, прессы, сушильные камеры;
- 4) материалы – глина, глазури, добавки;
- 5) измерения – инструменты контроля, калибровка;
- 6) среда – температура и влажность в цеху [8-9].

Проанализируем решение проблемы дефект «трещины после обжига» с помощью диаграммы Исикавы (рис.1).

Этот метод позволяет провести полную проверку всего производственного процесса и выявить множество «узких мест», которые необходимо проанализировать и улучшить. Также диаграмма Исикавы охватывает всю производственную систему, а не одну причину; способствует коллективной работе и мозговому штурму (технологи, мастера, операторы); наглядно показывает области для углубленного исследования (например, необходимость карты температур в печи).



Рис. 1. Диаграмма причинно-следственных связей

Наиболее эффективный подход – это комбинированный. Этот подход сочетает в себе изучение проблемы сверху (диаграмма Исикавы), а затем более детально проработать каждую проблему (метод «5 почему») [10]. Оба метода необходимы для восстановления эффектов в производстве керамики: диаграмма Исикавы – это стратегический инструмент для профилактики брака, позволяющий выстроить надежный процесс, устойчивый к колебаниям; метод «5 Почему» – это тактический инструмент для реагирования на инциденты, которые можно преодолеть [11]. Этот метод позволяет быстро исправить ошибки.

Внедрение культуры постоянного улучшения, основанной на этих простых, но мощных инструментах, позволяет перейти от борьбы со следствиями к управлению причинами, что напрямую ведет к снижению себестоимости, повышению качества и конкурентоспособности керамического предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исикава К. Японские методы управления качеством. – М.: Экономика, 1988. – 215 с.
2. Орлов А.И., Орел Е.А. Статистические методы управления качеством: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 304 с.
3. Тайц Д.А., Черепанов А.В. Применение инструментов «5 почему» и диаграммы Исикавы для анализа брака в производстве строительной керамики // Вестник технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 3. – С. 45-52.
4. Шестопап Я.В., Кравченко И.А. Совершенствование системы менеджмента качества на предприятии керамической отрасли на основе принципов бережливого производства // Качество. Инновации. Образование. – 2020. – № 5 (168). – С. 34-41.
5. Добринская, О.А. Анализ причин образования дефектов при обжиге тонкой керамики с использованием диаграммы Исикавы / О.А. Добринская, И.В. Петров // Стекло и керамика. – 2022. – № 4. – С. 38-43.
6. Liker J.K. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. – New York: McGraw-Hill, 2004. – 350 p.
7. Ohno T. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. – Portland: Productivity Press, 1988. – 152 p.

8. Quality America Inc. Cause & Effect Diagram // The Lean Guide. – URL: <https://www.qualityamerica.com> (дата обращения: 15.10.2023).

9. Стандарт организации СТО ПАО «Керамик» 001-2020. Процедура анализа коренных причин производственного брака. – Введ. 2020-05-01. – 18 с.

10. Руководство по снижению потерь для технологических линий обжига / под ред. В.П. Сидорова. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 112 с.

11. Федоров С.П. Методы анализа дефектов в керамическом производстве // Стекло и керамика. – 2018. – № 6. – С. 28-33.

УДК 666.32

Дудина Е.И., Смагина А.Р., Пономарева П.С.

Научный руководитель: Трепалина Ю.Н., канд. тех. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АНАЛИЗ СЫРЬЯ (КАОЛИНА) ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Керамика имеет множество областей применения. В зависимости от состава и свойств, керамические материалы могут использоваться и в стоматологии. Керамика относится к классу конструкционных материалов, используемых в стоматологии для изготовления искусственных зубов, металлических каркасов и цельнокерамических протезов. Разнообразие их применения в стоматологии обуславливает широкий спектр требований к современным керамическим материалам [1-3]. Стоматологическая керамика состоит из специального фарфора, изготовленного на основе бытового. Его основные компоненты - каолин, кварц и полевой шпат - специально модифицированные [4-5].

В классических составах стоматологических керамических масс каолин выполняет несколько важных функций:

1) пластичность и связующая способность: обеспечивает удобоформуемость массы и прочность изделия в состоянии "сырца" до обжига;

2) прочность во "влажном" состоянии: способствует сохранению отформованного, но ещё не обожжённого изделия;

3) формирование муллитового каркаса: в процессе высокотемпературного обжига каолин дегидратируется с последующим образованием муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) – игольчатых кристаллов,

создающих прочный кристаллический каркас, обеспечивающий механическую прочность и термическую стабильность керамики;

4) эстетика: высокая белизна обожженного черепка служит идеальной основой для создания естественных зубных реставраций [6].

Каолин является ценным материалом для стоматологической керамики, так как он огнеупорен (имеет высокую температуру плавления), химически инертен (стабилен в полости рта), имеет белый цвет после обжига, что является хорошей основой для эстетических реставраций, способен образовывать стеклофазу (при спекании с другими компонентами (полевыми шпатами, кварцем) образует прочную стеклокерамическую структуру) [7].

Целью данной работы являлся комплексный анализ химического и минералогического состава каолина для оценки его пригодности в качестве сырья для получения функциональных стоматологических керамических материалов.

Химический и минералогический состав исходного сырья был определён с использованием рентгенофазового анализа на приборе УРС-50 с установленной скоростью 8°/мин.

Химический состав каолина представлен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав каолина

Каолин	Содержание оксидов, масс. %
TiO ₂	0,879
SiO ₂	53,62
Al ₂ O ₃	44,14
Na ₂ O	0,022
ZnO	0,003
Fe ₂ O ₃	0,78
ZrO ₂	0,004
CaO	0,071
K ₂ O	0,182
MgO	0,16
P ₂ O ₅	0,139
Сумма	100

По результатам химического анализа определили, что: соотношение SiO₂ (53,62%) и Al₂O₃ (44,14%) близко к теоретическому для каолинита (46,5% SiO₂ и 39,5% Al₂O₃). Небольшое превышение SiO₂ может быть связано с присутствием свободного кварца, что подтверждается рентгенофазовым анализом. Также выяснили, что суммарное содержание оксидов железа (Fe₂O₃) и титана (TiO₂)

составляет 1,659%. Для высококачественной стоматологической керамики этот показатель должен быть менее 0,5-0,8% [8]. Превышение содержания Fe_2O_3 и TiO_2 является негативным фактором, так как эти оксиды являются хромофорами и могут придавать керамике нежелательный желтоватый или сероватый оттенок, снижая её эстетические свойства. С другой стороны, содержание оксидов щелочных (K_2O , Na_2O) и щелочноземельных (CaO , MgO) металлов невелико, что указывает на высокую огнеупорность каолина [9].

Из результатов рентгенофазового анализа (рис. 1) следует, что рассматриваемый каолин представлен в основном каолинитом (наличие характерных рефлексов), кварцем (наличие примесного кварца, что согласуется с повышенным содержанием SiO_2 в химическом анализе) и монтмориллонитом (присутствие этого глинистого минерала может влиять на пластические свойства массы и поведение при сушке, то есть привести к усадке).

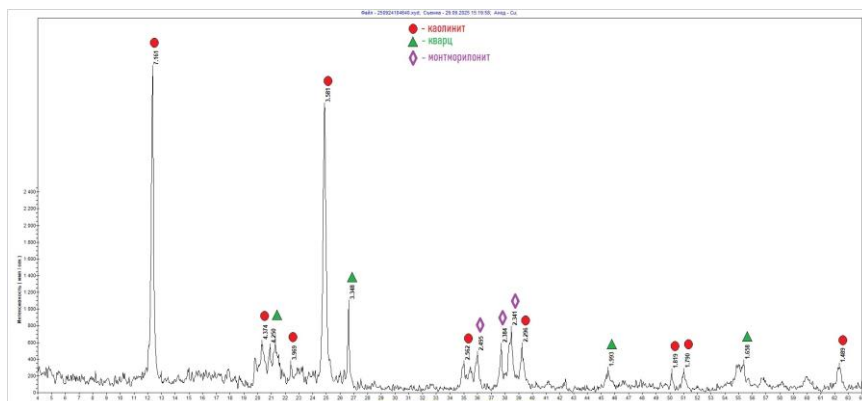


Рис. 1. Рентгенограмма каолина

Исследуемый каолин обладает высоким содержанием глинозема (Al_2O_3) и в целом пригоден для использования в керамических массах ввиду преобладания в его составе каолинита. Главным недостатком является повышенное содержание красящих оксидов ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 > 1,6\%$). Это делает данный каолин непригодным для изготовления высокоэстетичных, белоснежных стоматологических реставраций без предварительного обогащения или отбеливания. Наличие примесей кварца и монтмориллонита требует корректировки рецептуры массы и режимов обжига.

Таким образом, данный тип каолина может быть использован для изготовления каркасной (нижележащей) керамики в

металлокерамических конструкциях, где его цвет маскируется opakовыми слоями. Может быть использован и в других видах стоматологической керамики, но после проведения операций обогащения, направленных на снижение содержания соединений железа и титана. Для получения верхнего лицевого слоя функциональных стоматологических керамических материалов высшего эстетического класса рекомендуется использовать более чистые сорта каолина с содержанием $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 < 0,8\%$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куркина, В. М. Значение металлокерамических конструкций в ортопедической стоматологии [Текст] / В. М. Куркина // Научное обозрение. Медицинские науки. - 2017. - № 4. - С. 42-46.

2. The dental solutions company. Dentsply sirona. Материаловедческий сборник по облицовочной керамике [Электронный ресурс] – URL: <https://disk.yandex.ru> (дата обращения 19.10.2024).

3. Яковлев Д.Н. Технология изготовления различных керамических систем / Яковлев Д.Н. [Электронный ресурс] // СтомПорт: [сайт]. — URL: <https://stomport.ru> (дата обращения: 19.04.2025).

4. Ноу-хау. Состав для производства керамического адгезива [Электронный ресурс] / Сыса О.К., Бондаренко Н.И., Дороганов В.А., Локтионова Е.В.; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» - № 20240021; регистрация: 26.09.2024 – 4 с.

5. Варданыан А.Р. Методы бондинга оксидной керамики для стоматологических реставрации / Варданыан А.Р. [Электронный ресурс] // Вопросы теоретической и клинической медицины: [сайт]. — URL: <https://www.med-practic.com/rus> (дата обращения: 19.04.2025).

6. Ноу-хау. Способ производства керамического адгезива [Электронный ресурс] / Сыса О.К., Бондаренко Н.И., Дороганов В.А., Локтионова Е.В.; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» - № 20240023; регистрация: 26.09.2024 – 5 с.

7. Медицинское оборудование. Глобальный рынок стоматологических коронок. Мировой рынок зубных коронок –

тенденции отрасли и прогноз до 2030 года. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.databridgemarketresearch.com> (16.04.2025).

8. Булгакова, А. И., Валеев, И. В., Хисматуллина, Ф. Р., Хазиева, Л. М., Шафеев, И. Р. Современные материалы в стоматологии [Текст] / А. И. Булгакова, И. В. Валеев, Ф. Р. Хисматуллина, Л. М. Хазиева, И. Р. Шафеев. - Уфа: Изд-во ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава России, 2014 - 174 с.

9. Ноу-хау. Шихта для керамического адгезива. [Электронный ресурс] / Сыса О.К., Бондаренко Н.И., Дороганов В.А., Локтионова Е.В., Дудина Е.И., Смагина А.Р., Колесова А.С.; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» - № 20250002; регистрация: 04.04.2025 – 4 с.

УДК 004.896

Дуюн И.А.

Научный руководитель: Рыбак Л.А., д-р техн. наук, проф.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Одним из ключевых классификационных признаков беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является аэродинамическая схема, то есть конструктивный тип летательного аппарата. Различают несколько основных видов беспилотников по конструкции: самолётного типа (с неподвижным крылом), винтокрылые, аппараты с машущим крылом, аппараты легче воздуха (дирижабли), а также гибридные схемы [1-5].

БПЛА самолётного (крылатого) типа имеют фиксированное крыло и обычно оснащены двигательной установкой для создания тяги. Такой аппарат по аэродинамике близок к обычному самолёту: он эффективен при полётах на высоких скоростях и может покрывать большие площади за счёт планирования. Преимуществами БПЛА самолётного типа являются высокая скорость полёта, значительная продолжительность и дальность полёта, энергетическая эффективность и относительная простота конструкции планера.

Винтокрылые БПЛА – это аппараты с вертикальными несущими винтами, подобные вертолётам или мультикоптерам. Их главное

отличие – способность выполнять вертикальный взлёт и посадку, а также висеть на месте и маневрировать с небольшими скоростями. Винтокрылые дроны подразделяются на две основные категории: классические вертолётного типа (с одним главным винтом и хвостовым рулевым винтом) и многвинтовые мультикоптеры.

БПЛА с машущим крылом (орнитоптеры) представляют собой особый класс беспилотников, имитирующих полёт птиц или насекомых. Взмахивая крыльями, орнитоптер может выполнять вертикальный взлёт, зависание и тихий манёвр с очень малым энергопотреблением. Эти аппараты привлекают внимание исследователей благодаря потенциально высокой скрытности и манёвренности. Однако размеры и грузоподъёмность подобных устройств крайне малы – как правило, это микро- или мини-дроны.

Беспилотные аэростаты и дирижабли – ещё один тип БАС, отличающийся тем, что аппарат легче воздуха. Беспилотный дирижабль заполнен газом с меньшей плотностью, благодаря чему способен часами и сутками парить над местностью, затрачивая минимум энергии только на коррекцию положения. Такие системы обладают огромной продолжительностью полёта и значительной грузоподъёмностью, хотя и развивают небольшие скорость.

Гибридные БПЛА сочетают в себе элементы разных конструктивных схем. Наиболее распространённый вариант – аппараты самолётного типа, оснащённые поворотными винтами или дополнительными роторами для вертикального взлёта и посадки. Такие устройства взлетают как вертолёт (по-вертикали), а далее переходят в горизонтальный полёт на крыле, обладая большей скоростью и дальностью, чем чисто мультикоптеры.

Основные характеристики БПЛА различных конструктивных типов представлены в табл.1 [1-5].

Таблица 1 Характеристики БПЛА различной схемы (самолётной, вертолётной, гибридной)

Параметр	Самолётного типа (крылатый)	Винтокрылый (мультикоптер)	Гибридный (конвертоплан)
Взлёт/посадка	По самолётному (разбег)	Вертикальные (VTOL)	Вертикальные (VTOL)
Возможность зависания	Нет	Да	Да
Энергоэффективность полёта	Высокая	Низкая	Высокая
Сложность конструкции ЛА	Умеренная	Простая	Сложная
Тип питания	Батарея или ДВС	Обычно батарея	Батарея или ДВС
Типичная продолжительность полёта	1–5 часов и более	10–30 мин (редко до 2 ч)	3–8 часов
Типичная полезная нагрузка	До 1000 кг (у крупных)	До 5–10 кг	До ~50 кг
Преимущества	Скорость, дальность, экономичность	Манёвренность, простота запуска	Универсальность, комбинирование достоинств
Недостатки	Требуется взлётной полосы, не может зависать	Ограничены по времени и дальности, малая нагрузка	Сложность, дороговизна, вес конструкции

Ещё один важный критерий – целевое назначение беспилотной системы, то есть сфера применения и тип выполняемых задач. Современные дроны используются практически во всех областях – от военного дела до развлекательных услуг. В общем виде часто выделяют две большие категории: БПЛА военного назначения и гражданские (невоенные) БПЛА, так как требования и задачи в этих группах принципиально различаются. Также можно говорить об использовании беспилотников в научно-исследовательских целях как особом направлении, смыкающемся с гражданским сектором [6-8].

Внутри каждой категории, в свою очередь, выделяются узкие специализации. Так, военные дроны подразделяются на разведывательные, ударные (боевые), беспилотники радиоэлектронной борьбы, целеуказатели, связные ретрансляторы и др. – в зависимости от

конкретной роли на поле боя. Гражданские БАС охватывают ещё более широкий спектр функций: воздушная фото- и видеосъёмка, геодезия и картография, агромониторинг, промышленный и экологический контроль, транспортировка грузов, поисково-спасательные работы, обеспечение безопасности и многое другое. Отдельную быстрорастущую нишу составляют потребительские дроны для хобби и развлечений.

Таким образом, по признаку назначения беспилотные системы можно разделить на множество типов, и зачастую один и тот же аппарат при смене полезной нагрузки способен решать разные задачи. Например, коммерческий квадрокоптер с камерой может применяться и для инспекции линий электропередач, и для съёмки спортивного события, и для поиска людей после ЧС – достаточно оснастить его соответствующими датчиками или оборудованием [9].

Для систематизации многообразия дронов используются также формальные классификации по весовым и габаритным параметрам, высоте и дальности полёта. В разных странах и организациях приняты различные классификационные стандарты. Так, нормативные органы гражданской авиации часто оперируют категориями по максимально взлётной массе – например, микро-дроны (до 250 г), лёгкие (до 25 кг), тяжёлые (свыше 150 кг) и т.д. Однако более информативной для технического анализа является комплексная классификация, учитывающая не только массу, но и тип высоты и продолжительности полёта. В таблице 2 приведена одна из распространённых градаций беспилотных систем на классы. Приведённые цифры являются обобщёнными оценками. Конкретные показатели зависят от модели БПЛА и условий выполнения полёта [1].

Таблица 2 Основные категории БПЛА

Класс (аббревиатура)	Рабочая высота / полёта дальность	Время в воздухе	Сферы применения
Микро/нано- БПЛА (MAV/NAV)	до 200–300 м над землёй / до 1–2 км (прямой видимости)	до 20–30 мин	индивидуальная разведка на малой дальности; полёты внутри помещений; военные и спецоперации на тактическом уровне; хобби-дроны

Низковысотные, малой дальности (LASE)	до 1,5 км /несколько километров	~1–2 ч	тактическая разведка и наблюдение; локальный мониторинг с воздуха (полигоны, строительные объекты и др.)
Низковысотные, большой автономности (LALE)	до ~5 км / десятки километров	несколько часов	патрулирование и мониторинг на оперативном уровне; поддержка наземных служб (поиск и спасение, агромониторинг и пр.)
Средневысотные, большой автономности (MALE)	до ~9–10 км / сотни километров	10–24 ч	стратегическая разведка и целеуказание; длительные наблюдательные миссии; разведывательно- ударные беспилотники
Высоковысотные , большой автономности (HALE)	до ~18–20 км / тысячи километров	24–36 ч и более	глобальная воздушная разведка; стратегический мониторинг (атмосферные исследования, связь и ретрансляция)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зубарев, М. С. Обзор основных компонентов беспилотной авиационной системы / М. С. Зубарев // Моя профессиональная карьера. – 2021. – Т. 2, № 20. – С. 140-150. – EDN QTORVC.

2. Дуюн, И. А. Моделирование динамики движения группы дронов с применением открытой платформы gum-pybullet-drones / И. А. Дуюн, Т. А. Дуюн, Л. А. Рыбак // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.– 2025. – № 5. – С. 137–148.

3. Обзор беспилотных авиационных транспортных систем / П. М. Трефилов, М. В. Мамченко, А. С. Широков, Г. Н. Настас //

Перспективные системы и задачи управления : Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции и XIII молодёжной школы-семинара, п. Домбай, 04–08 апреля 2022 года. – Таганрог: ИП Марук М.Р., 2022. – С. 401-404. – EDN ZOVKDH.

4. Кутахов, В. П. Анализ зарубежных работ, ведущихся в области совместного применения беспилотных и пилотируемых летательных аппаратов / В. П. Кутахов, А. Е. Титов // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2024. – № 4(134). – С. 57-64. – DOI 10.53816/20753608_2024_4_57. – EDN AXEUOY.

5. Нигомедзянов, Д. Н. Разработка классификации для гражданских беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) / Д. Н. Нигомедзянов, Н. Ю. Лобачев // Авиация. Космонавтика. Будущее : Труды всероссийской научно-практической конференции, Москва, 24 августа 2024 года. – Санкт-Петербург: Научное издательство, 2024. – С. 20-23. – EDN OQPTAN.

6. Врагов, С. А. Основные классификации беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) / С. А. Врагов // Циркулярная экономика для целей устойчивого развития отраслей и территорий : Материалы Национальной научно-практической конференции, Воронеж, 14–15 мая 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 73-78. – DOI 10.58168/CIRCULAR2024_73-78. – EDN ZWCRMX.

7. Гулай, Е. С. Особенности и преимущества беспилотных летательных аппаратов самолетного типа по сравнению с другими типами БПЛА / Е. С. Гулай // Проблемы развития предприятий: теория и практика : Сборник статей X Международной научно-практической конференции, Пенза, 17–18 апреля 2023 года / Под научной редакцией В.И. Будиной. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 183-186. – EDN TVLVYU.

8. Chen B., Maurer J., Gong W. Applications of UAV in landslide research: a review / B. Chen, J. Maurer, W. Gong // Landslides. – 2025. – DOI: 10.1007/s10346-025-02547-2.

9. Mohsan S.A.H., Othman N.Q.H., Li Y., Alsharif M.H., Khan M.A. Unmanned aerial vehicles (UAVs): practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends / S.A.H. Mohsan, N.Q.H. Othman, Y. Li, M.H. Alsharif, M.A. Khan // Intelligent Service Robotics. – 2023. – Vol. 16, No. 1. – P. 109–137. – DOI: 10.1007/s11370-022-00452-4.

Дуюн И.А.

*Научный руководитель: Рыбак Л.А., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Современные методы управления беспилотными авиационными системами (БАС) включают как классические подходы управления, так и методы, основанные на технологиях искусственного интеллекта.

Одним из краеугольных камней классического управления летательными аппаратами являются пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы. ПИД-алгоритм обеспечивает формирование управляющего воздействия на основе комбинации текущей ошибки, накопленной ошибки и скорости изменения ошибки. Благодаря своей простоте и надежности, каскадные ПИД-регуляторы традиционно применяются для стабилизации и управления движением дронов по углам ориентации и высоте. Они позволяют вырабатывать управляющие сигналы, пропорциональные отклонению параметров полета от заданных значений, устранять систематическую ошибку за счет интегральной составляющей и повышать устойчивость за счет дифференциальной части [1-4].

Для расширения диапазона устойчивой работы БАС и компенсации изменений параметров широко применяется адаптивное управление. В отличие от жестко настроенных ПИД-контуров, адаптивные системы способны подстраивать свои коэффициенты или структуру в реальном времени при изменении динамики объекта (например, при изменении массы БАС из-за сброса или захвата груза, либо при деградации элементов). Классическим представителем данного подхода является метод адаптации по модели – Model Reference Adaptive Control (MRAC). В этом методе задается эталонная модель желаемого поведения, с которой непрерывно сравнивается реальный отклик БАС, а адаптивный закон корректирует параметры регулятора так, чтобы уменьшить расхождение.

Следует отметить, что помимо классических адаптивных техник (таких как MRAC), исследуются и интеллектуальные методы адаптации. Например, для учета неизвестных параметров могут обучаться нейронные сети или применяться эволюционные алгоритмы.

В литературе отмечены примеры, когда генетический алгоритм использовался для настройки робота-манипулятора, а нейронная сеть обучалась компенсировать неопределенности модели дрона как в одиночном полете, так и в кооперативных сценариях [5-6].

Также внедряются подходы на базе обучения с подкреплением для адаптивной перенастройки регуляторов БАС. Однако, подобные интеллектуальные адаптивные методы налагают существенные требования к вычислительным ресурсам бортового контроллера и не гарантируют асимптотического слежения без ошибки.

Еще одним направлением классических подходов является разработка устойчивых к возмущениям (робастных) и оптимальных регуляторов. Оптимальное управление, как правило, строится на основе критериев оптимизации работы системы. Типичный пример – линейно-квадратичный регулятор (LQR), минимизирующий квадратичный функционал качества (например, суммарное отклонение состояния и расход энергии) для линейной модели аппарата. LQR-алгоритм позволяет формально вычислить матрицу усиления обратной связи, обеспечивая компромисс между точностью и затратами управления [7].

Другим популярным робастным методом является скользящее управление (Sliding Mode Control, SMC). В SMC состояние системы принудительно приводится на заранее выбранную скользящую поверхность (например, заданы линейные комбинации отклонений и скоростей – аналог дифференциального ПИД), на которой динамика упрощается и становится устойчивой к нарушениям параметров. Преимущество SMC – инвариантность к ограниченным возмущениям после входа в режим скольжения [8].

С развитием вычислительной техники и алгоритмов машинного обучения появились возможности принципиально нового подхода к управлению беспилотными аппаратами – с использованием элементов искусственного интеллекта (ИИ). В отличие от классических регуляторов, жёстко заданных уравнениями, интеллектуальные системы способны обучаться на основе данных, распознавать сложные образы и оптимизировать свое поведение в процессе эксплуатации.

Искусственные нейронные сети (Artificial Neural Networks, ANN) зарекомендовали себя как мощный инструмент аппроксимации нелинейных зависимостей. Для управления БАС нейросети могут использоваться в различных ролях: от оценки состояния и параметров аппарата до непосредственного формирования управляющих воздействий на основе сенсорной информации. Простейшие многослойные сети (полносвязные ANN) способны аппроксимировать

функцию управления, получив ее через обучение на данных полета или имитационной модели.

Рекуррентные нейронные сети (RNN), включая их современные вариации (LSTM, GRU), применяются для обработки временных последовательностей данных. В управлении дроном RNN могут предсказывать развитие динамических процессов или фильтровать шумные измерения, учитывая прошлые состояния. Например, RNN используются для обработки последовательных изображений или сигналов, позволяя дрону учитывать траекторию цели или свой предыдущий контроль при вычислении текущего управляющего воздействия [4-6].

Отдельно стоит отметить обучающиеся нейронные регуляторы – когда нейросеть включается в контур управления и адаптирует свое поведение. Так, реализованы адаптивные нейросетевые контроллеры, стабилизирующие дрон при неопределенных возмущениях. В экспериментах показано, что двухслойная нейронная сеть с онлайнным обучением способна удерживать устойчивость квадрокоптера при турбулентности, уменьшая ошибку до пренебрежимо малой и не допуская неограниченного роста весовых коэффициентов.

Методы нечеткого управления (fuzzy logic) предоставляют способ формализации знаний экспертов-пилотов и эвристических правил в автоматической системе управления. Нечеткий регулятор состоит из набора логических правил вида «ЕСЛИ <условие>, ТО <действие>», оперирующих с лингвистическими переменными (например, «близко», «далеко», «быстро уменьшать скорость»), которым через функции принадлежности ставятся в соответствие численные значения. Преимущество нечеткой логики – гибкость и способность работать с неопределенной, неполной информацией, имитируя рассуждения оператора. В контексте БАС нечеткие системы применяются для задач, где точное математическое моделирование затруднено, а экспертные знания доступны – например, мягкая посадка на движущуюся платформу, обход неожиданных препятствий, координация группы дронов.

Методы обучения с подкреплением (Reinforcement Learning, RL) предлагают совершенно иной подход к синтезу систем управления: не через прямое проектирование регулятора, а через автономное обучение агента (дрона) правильным действиям на основе проб и ошибок. В системе RL формулируется задача оптимального поведения: вводятся

состояния среды, действия дрона и функция вознаграждения, поощряющая за успешное выполнение задачи.

Подытоживая, методы управления на основе искусственного интеллекта открывают новые горизонты в автономности и эффективности БАС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Oersted H., Ma Y. Review of PID Controller Applications for UAVs / H. Oersted, Y. Ma // arXiv preprint. – 2023. – arXiv:2311.06809. – URL: <https://arxiv.org/abs/2311.06809>.

2. Priya P., Kamlu S.S. Robust Control Algorithm for Drones / P. Priya, S.S. Kamlu // In: Robust Control Algorithm for Drones. – IntechOpen: London, UK. – 2022. – ISBN 978-1-80355-301-6. – DOI: 10.5772/intechopen.105966.

3. Domenico B., Di Gennaro S., Di Ferdinando M., Acosta Lúa C. Robust Control of UAV with Disturbances and Uncertainty Estimation / B. Domenico, S. Di Gennaro, M. Di Ferdinando, C. Acosta Lúa // Machines. – 2023. – Vol. 11. – Article ID: 352. – DOI: 10.3390/machines11030352.

4. Pal O.K., Hossain Shovon M.S., Mridha M.F., Shin J. A Comprehensive Review of AI-enabled Unmanned Aerial Vehicle: Trends, Vision, and Challenges / O.K. Pal, M.S. Hossain Shovon, M.F. Mridha, J. Shin // arXiv preprint. – 2023. – arXiv:2310.16360. – URL: <https://arxiv.org/abs/2310.16360>.

5. Merei A., Mcheick H., Ghaddar A., Rebaine D. A Survey on Obstacle Detection and Avoidance Methods for UAVs / A. Merei, H. Mcheick, A. Ghaddar, D. Rebaine // Drones. – 2025. – Vol. 9. – Article ID: 203. – DOI: 10.3390/drones9030203.

6. Falkowski K., Kurenda M. Changing the Formations of Unmanned Aerial Vehicles / K. Falkowski, M. Kurenda // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14. – Article ID: 10424. – DOI: 10.3390/app142210424.

7. Stodola P., Nohel J., Horák L. Dynamic reconnaissance operations with UAV swarms: adapting to environmental changes / P. Stodola, J. Nohel, L. Horák // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15, No. 1. – P. 15092. – DOI: 10.1038/s41598-025-00201-4.

8. Kumar S., Kumar S.R., Sinha A. Trajectory Tracking for Unmanned Aerial Vehicles in 3D Spaces under Motion Constraints / S. Kumar, S.R. Kumar, A. Sinha // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2407.10837. – URL: <https://arxiv.org/abs/2407.10837>.

*Ермак Я.Ю., Гиенко А.С., Алифанова Э.С.
Научный руководитель: Обернихин Д.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ВОЗМОЖНОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ

Виртуальная реальность (VR) представляет собой передовую технологию, которая активно внедряется в различные сферы деятельности, включая строительство. Использование VR позволяет кардинально изменить подход к проектированию, моделированию процессов, обучению сотрудников и взаимодействию с заказчиками. Развитие виртуальных технологий способствует повышению эффективности строительства, снижению издержек и минимизации рисков на всех этапах реализации проектов. Кроме того, виртуальная реальность играет важную роль в повышении прозрачности коммуникаций между всеми участниками проекта, улучшая взаимопонимание и ускоряя принятие решений.

Применение VR и BIM-технологий открывают более широкие возможности для проектировочных работ, благодаря тому, что позволяют создавать детализированную виртуальную модель объекта, в последствии с которой ведется дальнейшая работа по типу: планирование работ, возможность в виртуальной реальности увидеть предполагаемый результат, выявления проектных ошибок на ранних этапах и обучение персонала. Например, компании могут создавать виртуальные прототипы зданий и инфраструктурных объектов, позволяя заказчикам "прогуляться" по проекту еще до начала строительства.

На практике многие ведущие компании уже активно используют VR в своих проектах. Так, компания Skanska применяет виртуальную реальность для планирования логистики на строительных площадках и проведения тренировок по безопасности. В свою очередь, компания Mortenson Construction использует VR для иммерсивного обзора объектов здравоохранения, что позволяет клиентам вносить коррективы в проект до начала работ. Ещё одним примером является фирма Gilbane Building Company, которая внедрила VR для оптимизации процессов согласования проектной документации.

Одним из ключевых преимуществ использования VR является возможность виртуальных визитов на строительные площадки. Заказчики, архитекторы и проектные менеджеры могут оценить текущее состояние проекта, находясь в любой точке мира. Это значительно экономит время и средства, сокращая необходимость частых командировок и физических осмотров объекта. Кроме того, VR помогает в проведении виртуальных встреч между командами, находящимися в разных регионах, повышая оперативность и эффективность совместной работы.

Виртуальная реальность позволяет выявлять проектные несоответствия еще до начала строительных работ. Визуализация помогает определить потенциальные конфликты между системами здания, такими как инженерные сети и архитектурные конструкции, тем самым минимизируя риски дорогостоящих переделок. Снижение количества ошибок ведет к более точному планированию бюджета и сроков реализации.

Внедрение VR-технологий в строительстве приводит к целому ряду положительных изменений. Заказчики получают возможность более четко формулировать свои требования на стадии проектирования, что уменьшает количество изменений в ходе строительства. Это способствует росту удовлетворенности клиентов и снижению количества конфликтных ситуаций. Более реалистичная визуализация проектов также позволяет повысить доверие со стороны инвесторов и партнеров.

В отличие от традиционных методик проектирования, где используются чертежи и двумерные планы, виртуальная реальность позволяет воспринимать объект в объеме, что существенно упрощает понимание конструкции и возможных проблемных зон. В обучении VR-технологии обеспечивают более глубокое погружение в процесс по сравнению с теоретическими лекциями или просмотром обучающих видео, что приводит к более высокому уровню усвоения знаний.

Обучение сотрудников с использованием VR позволяет повысить уровень безопасности на строительных площадках. С помощью виртуальных тренажеров операторы могут отрабатывать навыки управления техникой в безопасной среде, моделируя различные сценарии без риска для жизни и здоровья. Такой подход улучшает подготовленность персонала и снижает вероятность производственного травматизма. Например, использование VR-симуляторов для обучения крановщиков, операторов экскаваторов и других специалистов позволяет избежать серьезных ошибок в реальной практике.

Кроме того, VR-технологии, также благожелательно сказываются на командной работе и налаживании отношения в коллективе. Во время взаимодействия с трехмерными моделями каждый участник команды способен увидеть и понять, как и на что влияет его работа, так и понять как важна работа его коллеги. В общем данные технологии помогают лучше понимать задачи друг друга, ускоряя процесс принятия решений. Облачные технологии обеспечивают доступ к актуальной информации из любой точки, что особенно важно для крупных проектов, реализуемых в разных регионах. Интерактивные сеансы совместного проектирования также способствуют выявлению и устранению недочетов на ранних этапах.

Но несмотря на множество преимуществ, использование VR в строительной отрасли сопряжено с рядом ограничений. Одним из главных барьеров является высокая стоимость оборудования и программного обеспечения. Качественные VR-гарнитуры и производительные компьютеры требуют значительных инвестиций, что может быть непреодолимым препятствием для небольших компаний. Также необходимо учитывать затраты на обучение персонала работе с новыми технологиями.

Технологические ограничения включают возможность возникновения так называемой "болезни движения" у пользователей, вызванной несоответствием визуальных и физических ощущений. Длительное использование гарнитур может приводить к усталости глаз, головным болям и общей утомляемости, что ограничивает продолжительность сессий работы в виртуальной среде. Поэтому выявляются следующие требования: разработка более эргономичных устройств и оптимизация пользовательского интерфейса.

Программное обеспечение для VR требует значительных вычислительных ресурсов и большого объема памяти. Это накладывает дополнительные требования на инфраструктуру компаний, внедряющих данную технологию. Более того, при работе с облачными моделями возникает необходимость в стабильном высокоскоростном подключении к интернету, поскольку передача больших объемов данных в реальном времени критична для корректного функционирования VR-среды. Низкая скорость соединения может привести к задержкам, ухудшению качества изображения и потере синхронизации между пользователями.

Кроме того, существует риск развития зависимости от виртуальных миров, особенно у сотрудников, часто использующих VR

для обучения или работы. Это требует внедрения регламентов использования и контроля времени работы в виртуальной среде.

Будущее VR в строительной индустрии связано с дальнейшей интеграцией в процессы проектирования и управления строительством. VR и BIM-технологии это одни из самых прогрессивных и быстро развивающихся направлений для создания полностью иммерсивных цифровых двойников зданий. Это позволит управлять проектами на новом уровне точности и эффективности, осуществляя мониторинг состояния объектов в реальном времени и прогнозирование возможных проблем.

Развитие технологий машинного обучения и искусственного интеллекта откроет новые возможности для автоматизации анализа виртуальных моделей. Например, интеллектуальные системы смогут автоматически выявлять потенциальные ошибки в проектных решениях и предлагать оптимальные пути их устранения.

Также ожидается снижение стоимости оборудования и улучшение качества визуализации, что сделает VR доступной для более широкого круга участников рынка. Повышение мобильности устройств и разработка легких гарнитур позволят использовать VR непосредственно на строительных площадках без необходимости сложной подготовки.

Отдельного внимания заслуживает перспектива использования VR в сочетании с дополненной реальностью (AR). Интеграция этих технологий обеспечит ещё более глубокий анализ проектов за счёт наложения виртуальных моделей на реальные объекты. Это откроет новые возможности для оперативного выявления ошибок, оптимизации строительных процессов и повышения качества исполнения проектных решений.

В перспективе возможно также активное использование дополненной реальности (AR) для совмещения виртуальных данных с реальными объектами на месте строительства.

В заключении хочется сказать, что виртуальная реальность оказывает значительное влияние на развитие строительной отрасли, способствуя переходу к более эффективным, безопасным и экономичным методам работы. Несмотря на существующие ограничения, перспективы применения VR открывают новые горизонты для проектирования, управления и обучения в строительстве. В ближайшие годы виртуальная реальность станет важнейшим инструментом в арсенале компаний, стремящихся к инновациям и повышению конкурентоспособности на рынке. Постепенное

устранение технологических барьеров и рост доступности оборудования будут способствовать дальнейшему распространению VR в строительной практике, обеспечивая качественный скачок в развитии отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ONIX: официальный сайт - Onix's Top-5 Construction Technology Trends for 2025 URL: <https://onix-systems.com> (дата обращения: 13.04.2025). - Текст: электронный

2. Forbes: официальный сайт. - 7 Tech Trends Reshaping Construction In 2025 URL: <https://www.forbes.com> (дата обращения: 13.04.2025). - Текст: электронный

3. Construction Placements: официальный сайт. - Virtual reality in Construction industry: All you need to know about URL: <https://www.constructionplacements.com> (дата обращения: 14.04.2025). - Текст: электронный

4. Construction Placements: официальный сайт. - Top 27 Emerging Trends In Construction Technology To Watch In 2025 URL: <https://www.constructionplacements.com> (дата обращения: 14.04.2025). - Текст: электронный

5. Intellectsoft: официальный сайт. - 11 Emerging Construction Technology Trends 2025 URL: <https://www.intellectsoft.net> (дата обращения: 14.04.2025). - Текст: электронный

6. Biblus: официальный сайт. - Virtual Reality in construction design URL: <https://biblus.accasoftware.com> (дата обращения: 15.04.2025). - Текст: электронный

7. Program Ace: официальный сайт. - 7 Ways to Benefit from VR in Construction URL: <https://program-ace.com> (дата обращения: 17.04.2025). - Текст: электронный

8. Сулейманова Л.А., Богачева М.А. Повышение эксплуатационных свойств ячеистого бетона путем микроармирования полипропиленовой фиброй // В книге: Пути совершенствования технологических процессов и оборудования промышленного производства. Сборник тезисов докладов VIII международной научно-технической конференции. Алчевск, 2024. С. 387-390.

Ермакова К.В., Семернин Е.В.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ ВЫДАЧИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ СПАСАТЕЛЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

Одной из проблем обеспечения деятельности профессиональных аварийно-спасательных формирований (ПАСФ) является обеспечение спасателей необходимыми средствами индивидуальной защиты (СИЗ). Помимо стандартного для большинства работодателей вопроса: «Где взять деньги для закупки всего необходимого в соответствии с нормами?», в случае со спасателями, особенно для некоммерческих ПАСФ, чаще всего во главу угла ставятся вопросы:

- определения необходимого набора СИЗ исходя из имеющихся вредных и опасных производственных факторов;
- определения необходимого количества и сроков их эксплуатации с учетом специфики деятельности спасателей;
- необходимостью обоснования вышеперечисленного для обеспечения соответствующего финансирования.

С 1 сентября 2023 года вступил в силу Приказ Минтруда России от 29.10.2021 N 767н «Об утверждении Единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств» (ЕТН), который определяет единый подход к выдаче СИЗ:

- типовые нормы выдачи СИЗ по профессиям (Приложение 1);
- типовые нормы выдачи СИЗ в зависимости от идентифицированных опасностей (Приложение 2);
- типовые нормы выдачи дерматологических СИЗ и смывающих средств.

В приложении 1 к данному приказу можно найти несколько «аварийно-спасательных» специальностей: матрос пожарный, пожарный, парашютист (десантник)-пожарный, матрос пожарный, газоспасатель. Нормы выдачи СИЗ по данным профессиям не отличаются от минимального «базового» комплекта многих других профессий в качественном и количественном соотношении: одежда специальная защитная, средства защиты ног, средства защиты рук, средства защиты головы, средства защиты органов дыхания.

Если же обратиться к Приложению 2 и осуществить подбор СИЗ на основании идентифицированных опасностей, то мы сталкиваемся с главной проблемой при осуществлении трудовой функции спасателями – непредсказуемостью возможных условий окружающей среды на месте проведения работ, и, как следствие, невозможностью прогнозирования всех возможных рисков при проведении аварийно-спасательных работ (АСР). Следуя риск ориентированному подходу, мы должны предусмотреть наличие у спасателей СИЗ от всех возможных опасностей для снижения вероятности их негативного воздействия на участвующий в АСР персонал. Такой подход также имеет ряд существенных проблем.

Ввиду того, что как таковые рабочие места у спасателей отсутствуют, и возможно направление расчета ПАСФ к месту проведения АСР не из места постоянной дислокации, мы сталкиваемся с отсутствием физической возможности постоянного наличия всех СИЗ из подобных норм у спасателя в любой момент времени при выполнении им его трудовых функций. Для решения данной проблемы есть два основных пути:

- возвращение расчета к месту постоянной дислокации для комплектования необходимыми СИЗ, что влечет за собой увеличение времени реагирования;
- увеличение штатной численности формирования и создание специализированных расчетов, выезжающих на АСР непосредственно из места постоянной дислокации, что влечет увеличение финансовой нагрузки на содержание ПАСФ.

Весьма низкая, но не исключаемая полностью, вероятность возникновения отдельных видов опасностей при проведении АСР потребует закупки СИЗ, которые могут иметь высокую стоимость, но оказаться невостребованными в течение весьма ограниченного срока службы, или иметь высокие эксплуатационные расходы, связанные с необходимостью периодической проверки и обслуживания для поддержания боевой готовности. Кроме того, в большинстве своем такого рода СИЗ будут требовать организации обучения персонала правилам их использования, что в свою очередь также увеличивает стоимость их содержания.

В итоге все это ведет к высокой финансовой нагрузке на бюджет, обеспечивающий содержание ПАСФ.

Согласно Приказа Минтруда России от 29.10.2021 N 766н предусматривается возможность обеспечения работников СИЗ на основании типовых норм для МЧС России, органов управления и

подразделений пожарной охраны, подразделений и организаций, участвующих в предупреждении чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий в соответствии с Приказ Минздравсоцразвития РФ от 01.09.2010 N 777н (Типовые нормы).

Следует отметить, что Типовые нормы были утверждены до принятия ТР ТС 019/2011 и в отличие от ЕТН содержит в себе не столько нормы выдачи СИЗ с указанием необходимых уровней защиты, сколько нормы снабжения вещевым имуществом, ориентированные наибольшим образом именно на ПАСФ входящие в структуру МЧС России, так как ряд наименований невозможно отнести к какому-либо типу СИЗ, например: костюм тренировочный, рюкзак рейдовый, спальный мешок; а часть наименований не имеют документов подтверждающих их соответствие ТР ТС 019/2011, так как изначально создавались не как СИЗ: трекинговые ботинки и кроссовки, горные ботинки.

Действие ТР ТС 019/2011 не распространяется на специально разработанные средства индивидуальной защиты для подразделений пожарной охраны и для подразделений, обеспечивающих ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, но на 1 октября 2025 года введены всего три межгосударственных стандарта касающиеся СИЗ для спасателей, разработанные экспертами ВНИИ ГОЧС:

- ГОСТ 22.9.45-2025 "Средства защиты головы спасателя при выполнении аварийно-спасательных работ";
- ГОСТ 22.9.46-2025 "Средства защиты рук спасателя при выполнении аварийно-спасательных работ";
- ГОСТ 22.9.47-2025 "Средства защиты ног спасателя при выполнении аварийно-спасательных работ".

Это первые в своем роде стандарты, которыми вводятся нормативные требования безопасности, способы испытаний и технические характеристики в отношении СИЗ для АСР.

Есть также ряд других стандартов, касающихся СИЗ, используемых спасателями при ведении АСР, таких как: боевая одежда пожарного, средства индивидуальной защиты рук, ног и головы пожарного, средства индивидуальной защиты органов дыхания (изолирующего типа); но они касаются смежных отраслей и существуют независимо от понятия аварийно-спасательных работ.

Так как помимо специфических СИЗ, используемых в особых условиях выполнения спасательных работ, спасатели должны быть обеспечены прочими СИЗ, выполняющими стандартные защитные

функции аналогичные с СИЗ различных рабочих профессий и обеспечивающими защиту от стандартных идентифицируемых опасностей, то в данный момент мы при подборе этих «неспециализированных» СИЗ должны опираться на положения ТР ТС 019/2011.

Следует отметить, что с момента введения в действие Типовых норм прошло более 15 лет, в течение которых они не пересматривались. В то же время принятое позднее Постановление Правительства РФ от 02.08.2017 N 928 "О вещевом обеспечении в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы" получило в сентябре 2020 года новую редакцию, которая имеет значительные отличия от Типовых норм в части обеспечения специальной защитной одеждой и обувью лиц участвующих в АСР, связанных с тушением пожаров. Редакция Постановления Правительства продиктована изменениями в тактике тушения и принципах организации спасательных работ на пожарах, усложнением планировок зданий и сооружений, кратно возросшей нагрузкой на реагирующие подразделения.

Для ПАСФ наблюдаются аналогичные изменения характера работ, и, кроме того, в некоторых случаях ПАСФ выполняют значительно больший спектр АСР, нежели подразделения пожарной охраны.

Исходя из выше написанного для разрешения проблем, связанных с определением норм выдачи СИЗ и их подбором, необходимо:

- разработать Технический регламент на СИЗ для аварийно-спасательных работ;
- разработать стандарты на СИЗ для аварийно-спасательных работ, учитывающие: изменившийся характер АСР, необходимую эргономику и опирающиеся передовые материалы и технологии в производстве СИЗ, а также определяющие регламент их осмотра и обслуживания;
- разработать Типовые нормы выдачи СИЗ в зависимости от: видов АСР на которые аттестовано ПАСФ; технической оснащенности базовыми аварийно-спасательными средствами (механизированный, пневматический и гидравлический инструмент); видами работ повышенной опасности, выполняемыми подразделением (работы на высоте, ограниченном и замкнутом пространстве и др.); функциональными обязанностями сотрудников, предусмотренными соответствующими профстандартами;

- разработать документы определяющие требования к наличию у работодателя материально-технической базы для осуществления обслуживания СИЗ;
- учитывать при определении количественных показателей и сроков выдачи конкретных наименований возможную необходимость их оперативной замены, в связи с необходимостью их обслуживания (мойка, чистка, дезинфекция) и восстановления их защитных свойств (сушка, обработка защитными средствами) после применения по назначению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семернин Е.В., Городилова Р.Д. О недостаточности нормативно-правовой базы для деятельности профессиональных аварийно-спасательных формирований // Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Белгород, 20 января 2025 г. /под ред. Р.В. Лесовика, М.А. Игнатова, Ю.Ю. Бурая, Г.А. Литвиновой. Белгор. гос. технол. ун-т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2025.-305 с.

2. Семернин Е.В. О недостаточности нормативно-правовой базы для деятельности профессиональных аварийно-спасательных формирований // «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»: сб. тезисов докладов научной конференции, 24 декабря 2024 г., Донецк. – Донецк: ФГКОУ ВО «Донецкий институт ГПС МЧС России», 2024. – 362 с.

3. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности продукции, предназначенной для гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (ТР ЕАЭС 050/2021) (Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 5 октября 2021 г. № 100)

4. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 01.09.2010 N 777н «Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением»

*Ефанов И.В., Родко А.Э., Городилова Р.Д.
Научный руководитель: Коробков П.С., асс.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТНОГО ФАКТОРА НА ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК РАБОТНИКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Проблема управления профессиональными рисками в энергетической отрасли является одной из наиболее актуальных в контексте современных требований промышленной безопасности. Работа персонала теплоэлектроцентралей связана с воздействием сложных технологических процессов и вредных факторов, включая шум, вибрации, высокие температуры и химические агенты. При этом традиционные методы оценки профессиональных рисков, как правило, ориентированы на усреднённого работника, что не учитывает различия в индивидуальной восприимчивости.

Особую значимость приобретают возрастные особенности персонала, определяющие как физиологическую устойчивость к нагрузкам, так и вероятность ошибок вследствие снижения когнитивных или физических функций. Включение возраста в систему корректирующих коэффициентов позволяет повысить точность оценки индивидуального риска и сформировать более адресные профилактические мероприятия.

Исследование проведено на базе филиала АО «РИР Энерго» – «Белгородская генерация». В работе использована модифицированная методика оценки профессиональных рисков на основе модели Файна–Кинни, дополненная системой корректирующих коэффициентов.

Для возрастного фактора были определены следующие диапазоны значений коэффициентов: 18–30 лет – 0,977, 30–40 лет – 1,007, 40–50 лет – 1,020, 50–60 лет – 1,046, старше 60 лет – 0,950.

Корректирующие коэффициенты интегрировались в итоговую формулу через модификацию вероятности наступления негативного события. Расчёты выполнены для рабочих мест котлотурбинного цеха и участка химводоочистки.

Анализ показал, что возрастные различия работников при прочих равных условиях труда приводят к вариативности итогового индивидуального риска в пределах $\pm 5\%$ от базового значения.

Наибольшее увеличение риска наблюдалось у работников в возрасте 50–60 лет (коэффициент 1,046), что связано с физиологическим снижением устойчивости организма и возрастанием вероятности ошибок при выполнении операций.

Напротив, группа работников старше 60 лет характеризовалась пониженным коэффициентом (0,950), что объясняется как особенностями выборки (допуск к работе только при удовлетворительном состоянии здоровья), так и высокой мотивацией к соблюдению правил безопасности.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости учитывать возрастные особенности при формировании стратегии управления профессиональными рисками. Если в молодом возрасте доминируют риски, связанные с недостатком опыта, то в старших возрастных группах возрастает вероятность физиологических ограничений. Таким образом, интеграция возрастного коэффициента в систему оценки риска позволяет:

1. Индивидуализировать профилактические меры (например, при распределении рабочих нагрузок).
2. Оптимизировать периодичность медицинских осмотров с учётом возрастных групп.
3. Повысить точность прогнозирования профессиональных рисков на уровне предприятия.

Практическая проверка эффективности методики продемонстрировала, что использование индивидуализированной оценки обеспечивает более корректное ранжирование работников по степени их уязвимости, что, в свою очередь, способствует рациональному распределению ресурсов системы охраны труда. Возрастной фактор обладает существенным влиянием на уровень индивидуального профессионального риска, а его интеграция в модифицированную методику Файна–Кинни позволяет повысить точность итоговых расчётов и результативность функционирования системы управления охраной труда. Полученные результаты подтверждают целесообразность отказа от усреднённых подходов в пользу персонализированных методик оценки и управления профессиональными рисками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Канивец, И. В. Анализ производственного травматизма по категориям опасностей на горно-обогатительных предприятиях / И. В.

Канивец, П. С. Коробков // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова, Белгород, 16–17 мая 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 130-134. – EDN ZNJONQ.

2. Условия труда // Федеральная служба государственной статистики URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 05.10.2025).

3. Стрельников, А. П. разработка информационной системы по учету, анализу и прогнозированию опасных ситуаций / А. П. Стрельников, А. Ю. Семейкин, В. А. Лежанко // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2022. – № 1(11). – С. 314-319. – EDN RSGMFY.

4. Перспективы внедрения цифровых технологий оценки профессиональных рисков на промышленных предприятиях / А. Ю. Семейкин, И. А. Кочеткова, Е. А. Носатова, Л. В. Воловикова // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Кампания "мой город готовится": задачи, проблемы, перспективы : Сборник тезисов по материалам XVI Международной научно-практической конференции, Воронеж, 01–31 октября 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2020. – С. 83-85. – EDN QKEQBQ.

УДК 628.54

Жердев А.Д.

Научный руководитель: Кузьмин Е.О., асс.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ В ЦЕХАХ НАНЕСЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Нанесение лакокрасочных материалов (ЛКМ) является неотъемлемой частью многих машиностроительных производств, обеспечивая защиту продукции от коррозии и придавая ей товарный вид. Однако этот процесс сопряжен с образованием значительного количества вредных выбросов в атмосферу. Основными загрязнителями являются летучие органические соединения (ЛОС) – растворители, входящие в состав красок, и мелкодисперсный аэрозольный туман. Эти вещества оказывают негативное воздействие на здоровье человека и

окружающую среду, способствуя образованию фотохимического смога и разрушению озонового слоя [1].

Жесткое ужесточение экологического законодательства и рост требований к качеству воздуха в рабочих зонах делают задачу эффективной очистки вентиляционных выбросов окрасочных цехов как никогда актуальной.

Вентиляционные выбросы окрасочных цехов характеризуются:

- Низкой концентрацией ЛОС: обычно от 100 до 1500 мг/м³, что делает энергозатраты на очистку значительными.
- Большими объемами воздуха: для обеспечения нормативных условий труда в окрасочных камерах создается мощный воздухообмен, достигающий десятков тысяч кубометров в час.
- Сложным химическим составом: ЛОС представлены такими веществами, как ксилол, толуол, бутилацетат, уайт-спирит, ацетон и др.
- Наличием аэрозольной фазы: частицы краски необходимо улавливать на начальной стадии очистки, чтобы предотвратить засорение и выход из строя основного оборудования для очистки от ЛОС.

Предварительная очистка от аэрозолей краски осуществляется с помощью гидрофильтров (мойки газов) или сухих фильтров-сепараторов. После этой стадии воздух, очищенный от капель краски, но содержащий пары ЛОС, направляется на систему тонкой очистки.

На сегодняшний день наибольшую эффективность в очистке больших объемов воздуха с низкой концентрацией ЛОС демонстрируют три основных метода.

Регенеративное термическое окисление (Regenerative Thermal Oxidizer – RTO). RTO считается «золотым стандартом» в очистке выбросов окрасочных производств. Принцип действия этого метода заключается в том, что загрязненный воздух проходит через керамические теплообменники, где нагревается до температуры, близкой к температуре окисления (750-950 °C). Затем он поступает в камеру окисления (горелочную камеру), где ЛОС дожигаются до экологически безопасных диоксида углерода (CO₂) и водяного пара (H₂O). Очищенный горячий газ, проходя через другую секцию керамического теплообменника, отдает ему свое тепло, охлаждается и выбрасывается в атмосферу. Специальная система клапанов периодически переключает потоки, обеспечивая регенерацию тепла [2].

К преимуществам данного метода можно отнести: а) высокую эффективность очистки (до 99%); б) Высокий КПД рекуперации тепла (до 95%), что радикально снижает потребление природного газа или

другого топлива; в) возможность утилизации тепла для нужд предприятия (нагрев технологической воды, воздуха для сушильных камер). г) долгий срок службы. Недостатком этого метода является чувствительность к определенным видам загрязнителей (например, кремнийорганика, галогены).

Регенеративное каталитическое окисление (Regenerative Catalytic Oxidizer – RCO). RCO является модификацией технологии RTO, в которой для снижения температуры окисления используется катализатор. Процесс аналогичен RTO, но после нагрева в регенераторе воздух проходит через слой катализатора (обычно на основе благородных металлов – платины, палладия). Катализатор позволяет снизить температуру окисления ЛОС до 250-400 °С.

Преимуществами этого метода являются: а) еще более низкое энергопотребление по сравнению с RTO за счет снижения рабочей температуры; б) высокая эффективность (до 99%).

Недостаток как и у RTO заключается в чувствительности катализатора к некоторым видам загрязнений (соединениями серы, фосфора, силиконами и частицами пыли), что требует высококачественной предварительной очистки газа. Так же этот метод дороже чем RTO.

Адсорбционная очистка. Данный метод особенно эффективен при очень низких концентрациях ЛОС. При использовании данного метода загрязненный воздух пропускается через адсорберы, заполненные активированным углем, который обладает высокой пористостью и большой удельной поверхностью. Молекулы ЛОС удерживаются на поверхности угля. После насыщения адсорбента производится его регенерация горячим паром или инертным газом. Полученная концентрированная смесь паров ЛОС и пара может быть направлена на дожиг в небольшой по размерам термический окислитель или отправлена на рекуперацию растворителей [3].

Преимущества данного метода: а) высокая эффективность при низких концентрациях; б) возможность рекуперации и повторного использования ценных растворителей; в) относительно низкие капитальные затраты на начальном этапе.

К недостаткам этого метода можно отнести: а) образование вторичных отходов (концентрированных водных растворов, требующих очистки); б) огнеопасность активированного угля при адсорбции некоторых видов растворителей; в) затраты на регулярную замену или регенерацию угля.

Выбор оптимальной технологии очистки вентиляционных выбросов окрасочного цеха является комплексной задачей, требующей технико-экономического обоснования. Необходимо учитывать объемы воздушного потока, концентрацию и состав ЛОС, требования местного экологического законодательства, а также возможности утилизации тепла [5].

На сегодняшний день для крупных и средних окрасочных производств с большими объемами выбросов наиболее предпочтительной технологией является регенеративное термическое окисление (RTO), обеспечивающее высочайшую степень очистки при минимальных эксплуатационных расходах благодаря уникальной системе рекуперации тепла. Для случаев с низкими концентрациями или при необходимости рекуперации растворителей эффективным решением может стать адсорбционная технология. Каталитические методы (RCO) находят свою нишу там, где требуется минимальное энергопотребление и состав загрязнителей позволяет избежать отравления катализатора. Внедрение современных газоочистных технологий – это не только выполнение экологических норм, но и вклад в устойчивое развитие предприятия, позволяющий снизить энергозатраты и улучшить корпоративный имидж.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон "Об охране атмосферного воздуха" от 04.05.1999 N 96-ФЗ (ред. от 26.07.2019) [Электронный ресурс]. URL: <https://rpn.gov.ru> (дата обращения: 01.10.2025).
2. Европейское справочное бюро по наилучшим доступным технологиям (BREF). "Обработка поверхностей органическими растворителями". – 2006. [Электронный ресурс]. URL: <http://ecoline.ru> (дата обращения: 01.10.2025).
3. Смирнов А. В., Козлова И. П. Современные методы очистки вентиляционных выбросов от летучих органических соединений // Промышленная и экологическая безопасность. — 2022. — № 4(12). — С. 34-42.
4. Технологии очистки промышленных выбросов: руководство по выбору оборудования / НИИ "Промэкология". — 2023.
5. Подпоринов, Б. Ф. Пути повышения эффективности пылеулавливающих аппаратов в системах очистки вентиляционных выбросов / Б. Ф. Подпоринов, А. С. Семененко // Вестник

УДК 629.371.21

Жихарев И.А.

Научный руководитель: Шаптала В.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ ГОНОЧНОЙ КОМАНДЫ СО СПОНСОРАМИ НА ОСНОВЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ОТЧЁТНОСТИ

В настоящее время ежегодно проводятся соревнования федерального и международного уровня для студенческих команд, специализирующихся на сборке гоночных болидов. Для участия в подобного рода мероприятиях требуются высокие технические знания, а также материальные средства. Последнего компонента часто не хватает, в следствие чего требуется поддержка со стороны. В качестве этой поддержки выступают спонсоры. Они могут помочь с приобретением необходимых ресурсов для гоночного болида (в обмен на него или серию таких болидов за определенную сумму): композитных материалов (карбона), лицензий на специализированное программное обеспечение (Компас-3D, ЛОГОС Аэро-Гидро и т. д.), комплектующих и финансовой поддержки. Однако, возникает проблема отсутствия прозрачности в процессе сборки болида с использованием предоставленных спонсорами средств: спонсоры не видят полную картину хода производства.

На сегодняшний день существуют подходы (электронные таблицы, CRM системы), которые не учитывают специфику инженерного производства: итерации проектирования, физическое использование материалов, визуализацию результатов симуляций. Подобная непрозрачность снижает лояльность существующих клиентов и отпугивает потенциальных спонсоров.

Настоящая работа направлена на создание и внедрение модели, где эффективность спонсорства демонстрируется через реальные инженерные достижения - с использованием измеримых метрик и визуальных артефактов, а не только через формальное соблюдение обязательств.

Гоночный болид, который собирается студентами для участия в соревнованиях, представляет собой сложную систему, где каждый элемент – от рамы до педали – подвергается корректировке много раз. Именно эти процессы будут являться основными компонентами отчетности:

Рама болида класса «Формула Студент» должна удовлетворять как общим инженерным требованиям – таким как малая масса, высокая прочность, достаточная жесткость и технологичность изготовления, – так и специальным условиям, установленным регламентом соревнований. Последние включают нормы, касающиеся выбора материалов основной несущей конструкции, компоновки её элементов, а также допустимых типов и размеров поперечных сечений труб. Отклонение от регламента может повлечь за собой дисквалификацию команды с соревнований.

Процесс проектирования рамы основан на следующих последовательных шагах:

- создание CAD-модели, учитывающей размещение двигателя, подвески и компонентов безопасности;
- проведение виртуальных инженерных испытаний (VET) для оценки прозрачности и жесткости при различных нагрузках (торможение, прохождение различных поворотов, удар).;
- оптимизация веса конструкции без ущерба для требуемых прочностных характеристик;
- изготовление прототипа и проведение статических испытаний на буровой установке.

Если спонсор предоставил программное обеспечение для анализа VET или специализированные рамочные материалы, система отчетности должна отражать следующую информацию:

- какой конкретный модуль или компонент был разработан с использованием этих ресурсов;
- какие количественные результаты были достигнуты (например, снижение веса на 5%);
- какие полевые испытания подтвердили точность рассчитанных данных;
- какие студенты были вовлечены в работу и какие конкретные инженерные компетенции они продемонстрировали и приобрели.

Таким образом, спонсор получает не просто формальную благодарность, но всестороннее подтверждение эффективности своих инвестиций, выраженное в конкретных инженерных результатах, развитии талантов и образовательном взаимодействии. Это особенно

важно для компаний, заинтересованных в привлечении перспективных молодых инженеров, укреплении своего корпоративного бренда среди молодежи и развитии долгосрочных партнерских отношений с университетами.

Внедрение такой системы не только повышает прозрачность и укрепляет доверие, но и делает университетскую гоночную команду более привлекательным партнером, превращая спонсорство из благотворительной деятельности в стратегическое партнерство с ощутимой отдачей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаптала, В. В. Повышение взрывопожарной безопасности производственных помещений с выделением органических пылей / В. В. Шаптала // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2023. — № 4 (68). — С. 92–99. — DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-92-99.

2. Борисенко, И. В. Оптимизация элементов впускной системы гоночного болида класса «Формула студент» [Текст]: материалы VI Всерос. форума «Студенческие инженерные проекты» / И. В. Борисенко; Моск. гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана. – М., 2020. – 12 с.

3. Шерстобитова, О. О. Оптимизация компоновки основных элементов конструкции рамы болида «Формула Студент» и их геометрических параметров по критерию жесткости [Текст]: магистерская диссертация: 15.04.01 / О. О. Шерстобитова; Тольяттинский гос. ун-т, Ин-т машиностроения, Каф. «Проектирование и эксплуатация автомобилей». – Тольятти, 2021. – 81 с.

УДК 338

Жулега И.Д. Маматов А.В., Стативко Р.У.

*Научный руководитель: Листровая Е.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ

Современная экономика переживает фундаментальную трансформацию, движимую стремительным развитием и распространением цифровых технологий. На смену индустриальной эпохе приходит эра цифровой экономики, где данные становятся ключевым ресурсом и фактором производства, не менее важным, чем

традиционные капитал и труд. Цифровизация пронизывает все сферы хозяйственной деятельности - от производства и логистики до финансов и потребления, создавая как беспрецедентные возможности для роста, так и серьезные системные вызовы. Как отмечают исследователи, "цифровая трансформация - это не просто внедрение новых технологий, это коренное изменение бизнес-моделей, операционных процессов и потребительского опыта" [1].

Ключевые цифровые технологии и их экономическое применение.

- Большие данные (Big Data) и аналитика.

Большие данные - это обширные массивы структурированной и неструктурированной информации, которые слишком сложны для обработки традиционными методами. Их экономическая ценность заключается не в объеме самих по себе, а в возможности извлечь из них полезные insights с помощью аналитических алгоритмов.

Пример в ритейле: Крупнейшие онлайн- и офлайн-ритейлеры, такие как Amazon и "Магнит", используют Big Data для прогнозирования спроса, оптимизации цепочек поставок и персонализации маркетинга. Система рекомендаций Amazon, генерирующая до 35% от общего объема продаж компании, основана на анализе истории покупок, просмотров и поведения миллионов пользователей. В логистике анализ больших данных позволяет предсказывать пиковые нагрузки, оптимизировать маршруты доставки, что снижает затраты и повышает скорость обслуживания.

Пример в финансовом секторе: Банки и страховые компании используют анализ больших данных для скоринга кредитоспособности, выявления мошеннических операций в реальном времени и разработки персонализированных страховых продуктов. Например, анализируя тысячи параметров (активность в соцсетях, история транзакций, поведение на сайте), алгоритмы могут с высокой точностью оценить риск дефолта заемщика, даже если у него нет кредитной истории [2].

- Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение.

ИИ, и в частности машинное обучение, является естественным развитием Big Data - это инструмент, который превращает данные в алгоритмы и автоматизированные решения.

Пример в производстве (Индустрия 4.0): На современных "умных заводах" (smart factories) ИИ управляет роботизированными сборочными линиями, которые могут самонастраиваться под конкретную задачу. Системы компьютерного зрения контролируют качество продукции, выявляя дефекты с точностью, превышающей человеческую. Компания Siemens на своих предприятиях использует

ИИ для предиктивного обслуживания оборудования: алгоритмы анализируют данные с датчиков и предсказывают вероятность поломки, позволяя проводить ремонт до возникновения критической ситуации, что минимизирует простой и экономит миллионы долларов.

Пример в сфере услуг: Чат-боты и виртуальные ассистенты на базе ИИ, такие как ChatGPT или более специализированные системы в банках (например, "Сбербанк" с его голосовым помощником "Салют"), взяли на себя функцию первичного обслуживания клиентов, отвечая на запросы 24/7 и высвобождая человеческих операторов для решения более сложных задач.

- Блокчейн и распределенные реестры.

Блокчейн - это децентрализованная и неизменяемая база данных, которая обеспечивает прозрачность, безопасность и отслеживаемость транзакций без необходимости в доверенном посреднике.

Пример в финансах (FinTech): Наиболее известное применение - криптовалюты, такие как Bitcoin и Ethereum. Однако для традиционной экономики больший интерес представляют смарт-контракты - самоисполняющиеся контракты, условия которых записаны в код. Например, в международной торговле смарт-контракт может автоматически (освободить) платеж поставщику, как только система через IoT-датчики зафиксирует, что товар прибыл в порт назначения и прошел таможенную очистку. Это сокращает время сделки с недель до часов и устраняет риски невыполнения обязательств.

Пример в логистике и цепочках поставок: Компания IBM совместно с Maersk разработала платформу TradeLens на базе блокчейна для отслеживания грузов. Каждый участник цепочки (производитель, логист, таможня, порт) вносит данные о своем этапе в распределенный реестр. Это создает единую, неподделываемую и прозрачную для всех уполномоченных сторон историю движения товара, что радикально снижает объем бумажного документооборота и риск мошенничества.

- Интернет вещей (IoT).

IoT - это концепция сети физических объектов ("вещей"), оснащенных датчиками, программным обеспечением и другими технологиями для обмена данными с другими устройствами и системами через интернет.

Пример в сельском хозяйстве ("умное сельское хозяйство"): Датчики, установленные в полях, собирают данные о влажности почвы, содержании питательных веществ и температуре. Эти данные передаются на центральную платформу, где алгоритмы ИИ

анализируют их и дают команды системам капельного полива или автоматического внесения удобрений. Это позволяет значительно экономить воду и ресурсы, повышая урожайность. По оценкам экспертов, внедрение IoT в агросекторе может увеличить мировое производство продовольствия на 70% к 2050 году.

Пример в "умном городе": IoT-датчики управляют уличным освещением (включая его только при обнаружении движения), оптимизируют маршруты мусоровозов (опорожня контейнеры только когда они заполнены), и контролируют качество воздуха в режиме реального времени. Это ведет к прямой экономии бюджетных средств и повышению качества жизни горожан.

Влияние цифровых технологий на бизнес-модели и рынки.

Цифровые технологии не просто улучшают существующие процессы - они порождают принципиально новые бизнес-модели.

Платформенная экономика: Такие компании, как Uber, Airbnb, Amazon Marketplace и "Яндекс.Маркет", сами не производят товары или услуги, а создают цифровые платформы, которые связывают непосредственных производителей и потребителей. Стоимость этих компаний формируется не материальными активами, а сетью пользователей и данными, которые они генерируют. "Платформа становится новым типом фирмы, которая создает ценность, облегчая взаимодействия между двумя или более группами пользователей" [3].

Экономика совместного потребления (Sharing Economy): Технологии позволили реализовать модель временного доступа к товарам и услугам, часто принадлежащим частным лицам (каршеринг, аренда жилья, прокат инструментов). Это повышает эффективность использования активов и создает новые источники дохода для населения.

Дематериализация и переход к услугам: Происходит сдвиг от продажи физического продукта к продаже его функции как услуги (XaaS - Everything as a Service). Классический пример - Adobe, которая перешла от продажи коробочных версий Photoshop к модели подписки на облачный сервис Adobe Creative Cloud. В промышленности производители двигателей (например, Rolls-Royce) продают не сами двигатели, а "тягу в час", беря на себя их полное обслуживание и мониторинг с помощью IoT.

Проблемы и вызовы цифровизации экономики.

Несмотря на огромный потенциал, распространение цифровых технологий сопряжено с серьезными рисками.

Кибербезопасность: чем больше процессов оцифровано, тем выше уязвимость экономики к кибератакам. Хакерские атаки на критическую инфраструктуру (энергосети, финансовые системы), утечки персональных данных и промышленный шпионаж несут прямые многомиллиардные убытки. "Цифровая грамотность сегодня должна включать не только умение пользоваться сервисами, но и понимание базовых принципов кибергигиены" [4].

Трансформация рынка труда: Автоматизация и внедрение ИИ ведут к исчезновению множества рутинных профессий (от кассиров до бухгалтеров и водителей). По оценкам McKinsey Global Institute, к 2030 году автоматизация может затронуть до 800 миллионов рабочих мест по всему миру. Возникает острая необходимость в масштабных программах переобучения (reskilling) и повышения квалификации (upskilling) workforce. В то же время создаются новые профессии: data scientist, инженер по машинному обучению, специалист по кибербезопасности.

Цифровое неравенство (Digital Divide): Существует риск углубления разрыва между:

- Странами и регионами: Технологические супердержавы (США, Китай) концентрируют у себя львиную долю выгод от цифровой экономики.

- Людьми: Проблема заключается не только в доступе к интернету, но и в наличии цифровых навыков (digital skills). Пожилые люди и малоквалифицированные работники рискуют оказаться на обочине экономического развития [5].

Регуляторные и этические вызовы: использование ИИ ставит вопросы об ответственности за решения, принятые алгоритмом, и о возможной дискриминации (bias in AI). Обработка больших данных требует разработки robust законодательства о защите персональной информации (как GDPR в ЕС). Государства сталкиваются с необходимостью адаптировать налоговые системы (например, для платформенной экономики) и антимонопольное законодательство к новым реалиям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдрахманова, Г. И. Цифровая экономика: показатели и методы измерения / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др. - М.: Издательский дом НИУ ВШЭ, 2023. - 252 с.

2. Быченков, О. Ю. Цифровая трансформация бизнеса: технологии и стратегии / О. Ю. Быченков. - СПб.: Питер, 2022. - 288 с.

3. Иванова, М. А. Экономика цифровых платформ: учебное пособие / М. А. Иванова. - М.: КноРус, 2021. - 198 с.

4. Кестер, Я. М. Цифровые финансы и финтех: новые вызовы и возможности / Я. М. Кестер. - М.: Издательство "Экономика", 2020. - 310 с.

5. Листровая, Е. С. Интеграция ИТ-технологий с образовательным процессом обучения экономических дисциплин / Е. С. Листровая, Д. Н. Старченко // Педагогическая инноватика и непрерывное образование в XXI веке: сборник трудов второй международной научно-практической конференции. - Киров, 2024. - С. 565-567.

УДК 51-76

Зиновьева М.А.

***Научный руководитель: Шамраев А.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный университет, г. Белгород, Россия***

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФЕРМЕНТАЦИИ АНТИМИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Ферментация является одним из основных процессов в биотехнологии, используемым для массового производства различных биологических активных веществ, включая антибиотики. Разработка эффективных методов ферментации и оптимизация производственных процессов являются важными задачами в области биотехнологий, поскольку от них напрямую зависит качество и количество получаемых препаратов.

Моделирование ферментационных процессов позволяет предсказать поведение системы, оптимизировать условия производства и снизить затраты. Одним из наиболее перспективных инструментов для анализа динамики ферментации является математическое моделирование, которое учитывает взаимодействие между микроорганизмами, субстратами и продуктами метаболизма, включая антибиотики.

Модель Моно, известная также как модель экспоненциального роста, постулирует прямую пропорциональность между скоростью роста микроорганизмов и концентрацией доступного субстрата. Данная модель применима для описания кинетики процессов в условиях

избытка ресурсов, когда лимитирующие факторы отсутствуют и клеточный рост протекает в оптимальной среде [1].

Обычно она описывается уравнением (1):

$$\mu = \frac{\mu_{max} \cdot [S]}{K_s + [S]}, \quad (1)$$

где μ_{max} – значение удельной скорости роста, максимальное при развитии культуры на данном субстрате, 1/с; K_s – константа, численно равная концентрации субстрата, при которой удельная скорость роста составляет $\mu = \mu_{max} / 2$, г/л.

Несмотря на свою простоту, данная модель имеет ограниченную практическую ценность, поскольку слабо соответствует реальным производственным процессам. Её применимость в основном сводится к описанию экспоненциальной фазы роста и не распространяется на стационарную фазу или фазу отмирания культуры.

В отличие от простых подходов, модель Иерусалимского отличается повышенной сложностью, поскольку интегрирует параметр концентрации субстрата как ключевой фактор, влияющий на скорость роста. Для математического описания этой зависимости модель применяет формализм, характерный для кинетических уравнений.

Модифицированная модель Моно-Иерусалимского описывается уравнением (2):

$$\mu = \frac{\mu_{max} \cdot K_p \cdot [S]}{(K_s + [S])(K_p + [S])}. \quad (2)$$

Здесь добавляется K_p – константа концентрации продуктов метаболизма.

В случае, если значение концентрации продуктов метаболизма стремится к нулю, уравнение Моно-Иерусалимского переходит в уравнение Моно.

Модель Михаэлиса-Ментен является фундаментальной в энзим-кинетики и математически описывает зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата [2]. Как следует из приведенного уравнения (3), с увеличением концентрации субстрата скорость реакции асимптотически приближается к своему предельному значению [3].

$$v = \frac{V_{max} \cdot [S]}{K_m + [S]}, \quad (3)$$

где v – скорость реакции; $[S]$ – концентрация субстрата; V_{max} – максимальная скорость реакции; K_m – константа Михаэлиса.

Несмотря на видимое сходство, рассмотренные модели имеют различные области применения. Модели Моно и Иерусалимского

ориентированы на кинетику роста микроорганизмов в зависимости от концентрации субстрата, в то время как модель Михаэлиса-Ментен описывает скорость ферментативных реакций [1]. Ключевое различие также заключается в описании ингибирования: модель Моно-Иерусалимского явно включает механизм ингибирования при высоких концентрациях субстрата, тогда как в модели Михаэлиса-Ментен ингибирование опосредовано через константу Михаэлиса.

Логистическая модель роста применяется для описания динамики роста микроорганизмов в условиях ограниченных ресурсов. В отличие от экспоненциального роста, логистическая модель учитывает, что по мере увеличения концентрации микроорганизмов начинают возникать ограничения, такие как дефицит питательных веществ или накопление токсичных продуктов. Она позволяет предсказывать развитие культуры, а также переход в стационарную фазу при замедлении роста.

Уравнение логистической модели (4):

$$X(t) = \frac{X_{max}}{1 + \left(\frac{X_{max} + X_0}{X_0} \right) \cdot e^{-rt}}, \quad (4)$$

где $X(t)$ – концентрация микроорганизмов в момент времени t ; X_{max} – максимальная концентрация культуры; X_0 – начальная концентрация микроорганизмов; r – коэффициент роста; t – время.

Эта модель будет удобна в тех случаях, когда необходимо отследить интенсивный синтез антибиотика. Таким образом, можно сделать вывод о том, что модель поможет смоделировать сценарий ферментации так, чтобы синтезирование антибиотика приходилось на более продуктивную фазу роста.

Модель с обратной связью относится более сложной моделью и применяется при случаях, когда на синтез антибиотика влияют не только внешние, но и внутренние факторы. То есть, микроорганизмы из-за изменений в среде или накоплении антибиотика приобретают способность к регуляции последнего. В частности, продукты метаболизма могут оказывать как ингибирующее, так и активирующее действие на процесс синтеза.

Математически модель с обратной связью можно записать как систему дифференциальных уравнений (5):

$$\frac{dX}{dt} = f(X, Y, Z, t), \quad (5)$$

где X – концентрация микроорганизмов; Y – концентрация антибиотика; Z – концентрация питательных веществ.

Такой подход позволяет учитывать, что синтез антибиотика может быть саморегулирующимся процессом, где накопление продукции

может замедлять или ускорять дальнейший синтез. Это делает модель с обратной связью полезной для более точного контроля ферментации и повышения выхода антибиотика.

Модель Вольтерра-Лотки представляет из себя систему дифференциальных уравнений, описывающих динамику взаимодействующих популяций. В классическом виде эта модель включает два вида: хищника и жертву. Однако для биомассы в процессе ферментации антибиотика модель адаптируется с учётом того, что один вид микроорганизмов может служить как субстратом для другого, так и источником антибиотиков.

В процессе ферментации антибиотика взаимодействие микроорганизмов и субстрата можно рассматривать как конкуренцию за ресурсы и синтез антибиотика как побочный продукт жизнедеятельности микроорганизмов. Биомасса может быть как производителем антибиотика, так и потребителем ресурсов, необходимых для роста.

Уравнения для расчета биомассы в процессе ферментации антибиотика можно получить путем модифицирования двух классических для модели Вольтерра-Лотки (6,7).

$$\frac{dX}{dt} = r_x X \left(1 - \frac{X}{K_x}\right) - aXY - c_1 X, \quad (6)$$

где Y – рост целевой биомассы; X – концентрация биомассы и ее темп роста; c_1 – коэффициент, описывающий продукцию антибиотика микроорганизмами.

$$\frac{dX}{dt} = bXY - d_y Y - c_2 Y, \quad (7)$$

где c_2 – коэффициент, учитывающий влияние антибиотика на рост Y .

Для изменения концентрации антибиотика во времени получается следующее уравнение (8):

$$\frac{dX}{dt} = c_1 X - c_3 A, \quad (8)$$

где c_3 – коэффициент деградации антибиотика.

Модель Вольтерра-Лотки в контексте ферментации антибиотиков может помочь определить начальные параметры ферментации для получения максимального количества продукта. Например, с её помощью можно оценить, как различные концентрации антибиотика и субстрата влияют на скорость роста микробных популяций, а также на эффективность производства антибиотика.

Применение модели Вольтерра-Лотки в исследованиях по ферментации антибиотиков показало, что динамика концентрации

биомассы и антибиотика может существенно варьироваться в зависимости от начальных условий и параметров модели. Так, в некоторых случаях высокий уровень выхода антибиотика может тормозить рост целевой биомассы, но при этом стимулировать продукцию самого антибиотика, что требует детальной настройки параметров модели для достижения оптимального баланса.

На основе анализа классических моделей можно сделать вывод о том, что ни одна из них в отдельности не способна с высокой точностью прогнозировать динамику промышленной ферментации антибиотиков. Каждая модель описывает лишь отдельный аспект процесса, например, кинетику роста, лимитацию субстратом, конкурентные взаимодействия или регуляцию по продукту. Таким образом, их прямое использование для оптимизации производства неэффективно. Настоящая точность достижима лишь при создании адаптивных систем управления, где рассмотренные уравнения служат не основой для прогноза, а ядром для идентификации параметров в реальном времени и последующей корректировки режима ферментации. Перспективным направлением по развитию математических моделей, описывающих ферментацию микроорганизмов является создание многоуровневых моделей, которые объединят кинетику рассмотренных подходов с методами искусственного интеллекта, обеспечивая тем самым прорыв в контроле и оптимизации биосинтеза антибиотиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зиновьева, М. А. Особенности моделирования процесса ферментации антибиотиков при ингибировании / М. А. Зиновьева. — Текст : непосредственный // Информационные технологии и инжиниринг. — Белгород : Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2025. — С. 315-320.

2. Северин, Е. С. Биохимия : учебник / Под ред. Северина Е. С. - 5-е изд. , испр. и доп. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 768 с. - ISBN 978-5-9704-2395-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :<https://www.studentlibrary.ru> (дата обращения: 13.10.2025). - Режим доступа : по подписке.

3. Мелас, В. Б. Исследование максиминно эффективных планов для модели Михаэлиса—Ментена / В. Б. Мелас, Ю. М. Старосельский. — Текст : непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского университета. — 2006. — № 2. — С. 41-49.

Зорин А.В.

*Научный руководитель: Крюков А.В., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО СКЛАДА ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ СОВОКУПНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАТРАТ

Современные вычислительные методы и алгоритмы оптимизации стали незаменимым инструментом для решения сложных задач пространственного планирования, таких как размещение распределительных центров, серверов, базовых станций и транспортных узлов, направленных на минимизацию затрат, расстояний, времени доставки или максимизацию покрытия.

Актуальность этих задач неуклонно растет в условиях усложняющихся логистических, телекоммуникационных и инфраструктурных систем, где потребность в эффективных и масштабируемых алгоритмах приобретает важное значение. Это превращает проблему оптимального размещения различных объектов в сложную многофакторную проблему [1], требующую учета географического распределения спроса и предложения, пропускной способности каналов, стоимости строительства и обслуживания, требований к надежности и безопасности, а также экологических и социальных последствий в условиях ограниченности ресурсов.

Рассмотрим решение одной из подобных задач, которая часто встречается при проектировании складских помещений. Пусть имеется ряд производителей, выпускающих какую-либо продукцию. Необходимо выбрать месторасположение центрального склада так, чтобы минимизировать суммарные расходы на транспортировку продукции от производителей на склад.

Исходными данными для такой задачи являются: координаты производителей в декартовой системе координат (рис. 1), весовые коэффициенты транспортировки продукции для каждого производителя (c_k).

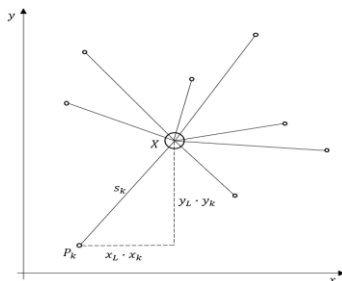


Рис. 1. Возможное расположение производителей и центрального склада

Составим математическую модель решаемой задачи. Расстояние от P_k производителя до склада P_L равно:

$$L_k = |P_k P_L| = \sqrt{(x_L - x_k)^2 + (y_L - y_k)^2}.$$

Целевая функция (суммарные транспортные расходы):

$$S(x_L, y_L) = \sum_{k=1}^n c_k \sqrt{(x_L - x_k)^2 + (y_L - y_k)^2}.$$

Задача состоит в нахождении таких координат центрального склада (x_L, y_L) , чтобы минимизировать функцию $S(x_L, y_L)$.

Поставленная задача может быть реализована при помощи различных специализированных математических пакетов программ, таких как MATLAB, Maple, Mathcad.

Приведем пример решения задачи оптимального расположения центрального склада, минимизируя суммарные расходы на транспортировку в среде Mathcad.

Для начала необходимо создать вектор-строку, для координат X, Y и весового коэффициента. Зная функцию минимальных транспортных расходов, можно найти минимум функции. В Mathcad для решения подобных задач предусмотрена встроенная функция Minimize, позволяющая находить минимум заданной функции нескольких переменных с заданной точностью (рис. 2):

$$\begin{aligned} x &:= (5 \quad 14 \quad 4 \quad 20 \quad 6) \\ y &:= (3 \quad 2 \quad 4 \quad 10 \quad 7) \\ c &:= (7 \quad 1 \quad 3 \quad 14 \quad 7) \\ \text{Sumarno}(x_L, y_L) &:= \sum_{k=0}^4 \left[c_{0,k} \cdot \sqrt{(x_L - x_{0,k})^2 + (y_L - y_{0,k})^2} \right] \\ \text{resultmin} &:= \text{Minimize}(\text{Sumarno}, x_L_0, y_L_0) = \begin{pmatrix} 8.155 \\ 6.149 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Рис. 2. Решение задачи оптимального расположения центрального склада в среде Mathcad

На основании алгоритма, описанного ранее, можно построить графики, показывающие увеличение транспортных расходов при отдалении от оптимального расположения склада (рис. 3).

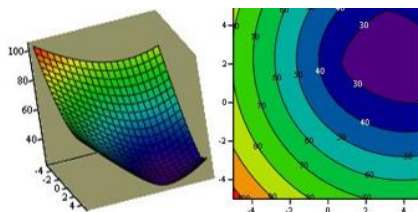


Рис. 3. Визуализация затрат при трёх производителях

Действительно, программное средство Mathcad корректно находит минимум функции, однако это решение привязывает к дорогостоящей лицензии, демонстрирует существенное падение производительности при работе с большими объёмами данных, а также не является платформой для построения программных решений и поддерживается только операционной системой Windows.

Учитывая перечисленные недостатки специализированного средства Mathcad, зададимся целью разработать программное обеспечение для решения такой задачи по оптимизации нахождения расположения центрального склада.

При разработке программного средства для решения задачи можно использовать метод градиентного спуска. Этот итерационный алгоритм оптимизации позволяет последовательно приближаться к минимуму целевой функции, корректируя параметры на каждом шаге в направлении, которое обеспечивает наискорейшее уменьшение значения функции.

Для начала необходимо задаться начальным приближением для координат размещения склада, например [2]:

$$x_L^{(0)} = 0, y_L^{(0)} = 0.$$

Заданные параметры алгоритма: скорость обучения (шаг) $\alpha = 0,1$; $N = 1000$ – максимальное число итераций; точность $\varepsilon = 10^{-6}$ для остановки итерационного процесса.

Для каждой итерации $t = 1, 2, \dots, N$ вычисляется градиент функции:

$$\nabla S = \left(\frac{dS}{dx_L}, \frac{dS}{dy_L} \right).$$

Для вычисления градиента функции необходимо получить частные производные для функции $S(x_L, y_L)$:

$$\frac{dS}{dx_L} = \sum_{k=1}^n c_k \cdot \frac{x_L^{t-1} - x_k}{\sqrt{(x_L^{t-1} - x_k)^2 + (y_L^{t-1} - y_k)^2}}, \quad (1)$$

$$\frac{dS}{dy_L} = \sum_{k=1}^n c_k \cdot \frac{y_L^{t-1} - y_k}{\sqrt{(x_L^{t-1} - x_k)^2 + (y_L^{t-1} - y_k)^2}}. \quad (2)$$

Преобразовав выражения (1) и (2), получается формула градиентного спуска в общем виде:

$$\begin{pmatrix} x_L^{(t)} \\ y_L^{(t)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_L^{(t-1)} \\ y_L^{(t-1)} \end{pmatrix} - \alpha \cdot \begin{pmatrix} \frac{\partial S}{\partial x_L} \\ \frac{\partial S}{\partial y_L} \end{pmatrix}.$$

Далее необходимо рассчитать значения координат экстремума целевой функции на новом шаге итерации:

$$x_L^t = x_L^{t-1} - \alpha \cdot \frac{\partial S}{\partial x_L},$$

$$y_L^t = y_L^{t-1} - \alpha \cdot \frac{\partial S}{\partial y_L}.$$

Проверка условия остановки итерационного процесса [3]:

$$\sqrt{(x_L^t - x_L^{t-1})^2 + (y_L^t - y_L^{t-1})^2} < \varepsilon.$$

Если изменение координат меньше заданной точности, то процесс поиска оптимального решения завершается.

Например, имеется следующая информация о расположении каждого производителя (рис. 4):

Оптимальное расположение центрального узла

	X	Y	C
1	5	3	7
2	14	2	1
3	4	4	3
4	20	10	14
5	6	7	7

Кол-во производителей:

Рис. 4. Таблица, содержащая информацию о каждом производителе

После корректно заполненной таблицы программа осуществляет построение графика, который показывает склад, отмеченный зеленым квадратом, его координаты, а также расстояние до производителей, отмеченных красным квадратом (рис. 5).

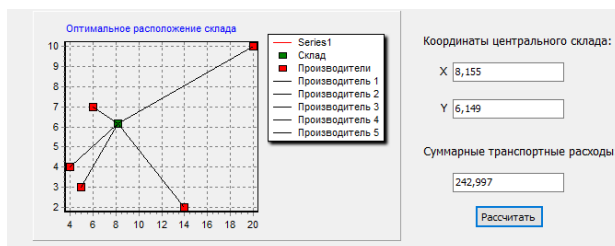


Рис. 5. График оптимального расположения склада

Результаты работы программы полностью соответствуют результатам, полученным в Mathcad, что позволило подтвердить высокую точность полученных решений и обоснованность применения метода градиентного спуска для решения задач оптимального размещения объектов.

Разработанная программа для оптимального размещения центрального склада может выступать в роли мощного инструмента, и находить применение в самых разных сферах бизнеса. Её возможно использовать везде, где есть распределённая сеть точек и затраты на логистику играют существенную роль.

Предлагаемый метод обладает значительным практическим потенциалом для решения задач оптимального размещения в логистике, управлении цепями поставок и проектировании сетей. Перспективным направлением развития программного продукта является учет дополнительных параметров: пропускной способности магистралей, динамики тарифов на перевозки, а также интеграция с картографическими сервисами для точного моделирования географических особенностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах : учебное пособие / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. — 2-е изд., стер. — Москва : Высшая школа, 2006. — 480 с.
2. Рубанов, В. Г., Величко, Д. В; Численные методы и оптимизация; 2-е изд., стер. Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. — 160 с.
3. Алексеев, Е. Р. Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad 12, MATLAB 7, Maple 9 / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова. — Москва : ИТ Пресс, 2006. — 492 с.

Зюбенко Д.В.

Научный руководитель: Качемцева Л.В., канд. архитектуры, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АДАПТИВНАЯ АРХИТЕКТУРА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ ПОД ИЗМЕНЯЮЩИЕСЯ ПОТРЕБНОСТИ

Современный архитектурный контекст характеризуется высокой степенью изменений: экономических колебаний, технологических прорывов, трансформаций образа жизни и усиления климатических вызовов. В этих условиях здания, спроектированные под строго одну функцию, быстро теряют актуальность и требуют дорогостоящих реконструкций или сноса. Архитектура адаптации предлагает иной подход: проектирование с учётом будущих изменений, обеспечения гибкости, конвертируемости и долговечности [1].

Архитектура адаптации (адаптивная архитектура) — направление проектирования, в основе которого лежит способность объекта изменять своё функциональное, техническое и пространственное состояние в ответ на изменяющиеся условия (социальные, технологические, климатические).

Основные характеристики адаптивных зданий:

- *Гибкость планировки.* Возможность перестраивать внутренние пространства с минимальными вмешательствами.
- *Многофункциональность.* Способность принимать различные функции без капитальной реконструкции.
- *Модульность и сменность элементов.* Конструкции, которые могут быть заменены, дополнены или удалены.
- *Регулируемые оболочки.* Фасады, экраны, ламели, системы, реагирующие на климатические изменения.
- *Устойчивые технологии.* Повторное использование материалов, снижение энергопотребления, «умные» системы управления.

Истоки адаптивной архитектуры, были заложены в архитектуре модернизма. В ней, заложены идеи гибкости: свободная планировка, модульность, универсальность.

Преимущества адаптивной архитектуры:

- *Увеличение срока службы здания.* Адаптивные решения позволяют продлевать жизненный цикл сооружений за счёт их способности изменяться под новые функции.

- *Экологическая устойчивость.* Адаптивная архитектура снижает негативное воздействие на окружающую среду. Возможность модернизации и трансформации без демонтажа сокращает количество строительных отходов и потребление новых материалов.

- *Экономическая гибкость.* Переход к адаптивным стратегиям позволяет оптимизировать затраты на протяжении всего жизненного цикла здания. Хотя начальные инвестиции могут быть выше, последующие расходы на перепланировку, эксплуатацию и реконструкцию значительно ниже, чем при традиционном строительстве.

- *Социальное соответствие.* Адаптация архитектуры отражает изменчивость человеческих потребностей и образа жизни. Здания становятся не статичными объектами, а динамичными структурами, реагирующими на демографические, культурные и технологические изменения.

- *Технологические инновации.* Развитие адаптивной архитектуры тесно связано с внедрением новых технологий — интеллектуальных систем управления [2], автоматизированных фасадов, сенсорных материалов [3].

Проблемы и ограничения адаптивной архитектуры:

- *Нормативные и юридические барьеры.* Отсутствие чёткой нормативной базы для проектирования адаптивных объектов усложняет реализацию подобных проектов. Действующие строительные стандарты ориентированы на традиционные схемы и не учитывают изменяемость функций и конструкций, что приводит к юридическим трудностям при согласовании.

- *Высокие начальные затраты.* Создание гибких и трансформируемых систем требует применения инновационных материалов, инженерных решений и технологий, что увеличивает стоимость проектирования и строительства.

- *Сложность проектирования и эксплуатации.* Адаптивные объекты требуют более тщательного анализа на стадии концепции, продуманного инженерного обеспечения и высокой квалификации эксплуатационного персонала. Нарушения в интеграции систем могут привести к сбоям в работе и потере заложенной гибкости [4].

- *Утрата выразительности.* Стремление к универсальности и изменяемости нередко приводит к снижению художественной индивидуальности архитектуры. Некоторые исследователи отмечают, что чрезмерная функциональная гибкость может нивелировать характер

и идентичность здания, делая его нейтральным и лишённым эмоциональной выразительности.

Методы и приёмы адаптивного проектирования:

- *Проектирование сценариев.* Данный подход предполагает моделирование возможных изменений функций здания в будущем. Архитектор рассматривает различные сценарии эксплуатации, от плотности населения, до изменения назначения помещений и закладывает конструктивные решения, позволяющие гибко реагировать на эти трансформации.

- *Модульность и сменный подход.* Модульность — один из ключевых инструментов адаптивного проектирования. Использование унифицированных модулей, которые можно заменять или перестраивать, обеспечивает вариативность планировок и лёгкость модернизации. Такой подход особенно эффективен для общественных и жилых комплексов [5].

- *Адаптивные фасады и оболочки.* Фасады, реагирующие на внешние условия, становятся одним из символов кинетической архитектуры. Системы, изменяющие степень прозрачности, вентиляции или теплоизоляции в зависимости от климата, обеспечивают энергоэффективность и комфортную среду без вмешательства человека [6].

- *Использование «умных» и экологических материалов.* Материалы, способные реагировать на температуру, влажность или освещённость, открывают новые возможности для адаптации. В сочетании с биопозитивными и энергоактивными покрытиями они формируют новые стандарты устойчивого проектирования.

Примеры адаптивной архитектуры:

- *Инновационный центр «Гиперкуб», Сколково, Россия.* Здание стало одним из первых примеров реализации принципов адаптивной архитектуры в России. Его конструктивная система и инженерная инфраструктура спроектированы с возможностью гибкой перепланировки внутренних пространств под различные функции — от офисов и лабораторий до выставочных зон. Высокий уровень энергоэффективности обеспечивается за счёт регулируемых фасадных панелей и интеллектуальных систем управления микроклиматом. «Гиперкуб» демонстрирует, как архитектура может интегрировать принципы адаптации и устойчивости в технологический контекст современного города.

- *Дом Шариф-За «The Sharifi-ha House», Тегеран, Иран.* Проект, выполненный студией Next Office, является одним из самых ярких

примеров частной адаптивной архитектуры. Основная особенность здания — вращающиеся жилые модули, которые могут поворачиваться на 90°, изменяя внутреннюю структуру дома и фасад в зависимости от сезона или потребностей жильцов. Летом здание открывается наружу, обеспечивая естественное освещение и вентиляцию, а зимой — закрывается, сохраняя тепло. Этот проект иллюстрирует, как механическая адаптация может повышать энергоэффективность и комфорт проживания без изменения общей структуры дома.

- *Кампус Microsoft, Редмонд, США.* В кампусе Microsoft реализованы принципы адаптивного проектирования корпоративных пространств. Планировочная структура основана на свободной трансформации рабочих зон: перегородки и мебель легко перемещаются, создавая различные сценарии работы — от индивидуальной до командной. Здание оснащено системами мониторинга, которые автоматически регулируют освещение, температуру и вентиляцию в зависимости от плотности использования помещений. Такой подход формирует архитектуру, способную адаптироваться к гибридным форматам труда и новым технологиям, поддерживая эффективность и комфорт пользователей.

- *Лондонские газгольдеры «Gas Holders», Лондон, Великобритания.* Проект реконструкции бывших газовых резервуаров XIX века в жилой комплекс стал образцом адаптации исторического промышленного наследия. Архитекторы бюро WilkinsonEyre сохранили чугунные каркасы газгольдеров и интегрировали в них современные жилые объёмы. В результате была создана уникальная структура, сочетающая историческую идентичность и современные функции. Этот пример демонстрирует, как адаптивная архитектура может не только трансформировать функции, но и сохранять культурную ценность городской среды.

- *Комплекс «MediaCity», Гент, Бельгия.* Комплекс спроектирован как многофункциональная среда, объединяющая образовательные, офисные и культурные пространства. Его архитектурная структура предполагает возможность постепенного изменения функционального наполнения без реконструкции: модули и инженерные системы спроектированы так, чтобы легко адаптироваться под новые задачи — от студий и лабораторий до общественных зон. Проект демонстрирует устойчивую модель архитектуры, которая развивается вместе с потребностями пользователей и технологическим прогрессом.

Архитектура адаптации представляет собой перспективный подход к проектированию зданий. Она способна минимизировать

преждевременное устаревание объектов, сократить экологические потери и повысить устойчивость городской застройки. Реализация адаптивных принципов требует пересмотра нормативов, стандартов и междисциплинарного проектирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пономарёв А.В. Адаптивная архитектура — основные направления развития // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2024. Том 14, № 2. С. 406-417.
2. Лакетич С. К., Строкова В. В. Разработка схемы управления жизненным циклом многофункционального высотного здания кинетического типа на стадии эксплуатации // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2024. № 2. С. 33-42.
3. Хафизов Р.Р., Шигабутдинова Э.Р. Применение принципов адаптивной архитектуры в различных контекстах: обзор литературных источников // Архитектура. Реставрация. Дизайн. Урбанистика. 2023. №1. С. 13-21.
4. Сапрыкина Н.А. Архитектурная форма: статика и динамика. М: Стройиздат, 1995. С. 407.
5. Багрова, Е. В., Серикова, Е. А. Принципы и приёмы архитектурной адаптации новых зданий в исторической среде // Архитектура и современная информация. 2020. № 2 (15). С. 45-52.
6. Зюбенко Д.В., Качемцева Л.В. Кинетическая архитектура. Преимущества и недостатки // Проблемы развития современного общества: 10-я Всероссийская национальная научно-практическая конференция, 23-24 января 2025 года: сборник научных статей в 4-х томах. Том 4. Курск: Университетская книга, 2025. С. 142-144.

Иванова В.Ф., Козлов А.А.

Научный руководитель: Иванова Д.А., преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ: ПРОБЛЕМЫ, КРИТЕРИИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ

Надзорная деятельность в области гражданской обороны представляет собой важнейший инструмент обеспечения безопасности населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие них, а также в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера[1]. Основная цель этой деятельности — контроль за соблюдением требований законодательства в сфере гражданской обороны (ГО), предупреждение и профилактика нарушений, а также обеспечение готовности организаций, органов государственной власти, органов местного самоуправления и населения к действиям в условиях ЧС. Эффективность надзорной деятельности оказывает прямое влияние на уровень защищённости страны, а потому её системная оценка приобретает особую значимость.

Результативность надзорной деятельности в области гражданской обороны зависит от количественных и качественных показателей, позволяющих всесторонне оценить осуществляемый контроль и его влияние на уровень защищённости населения, территорий, объектов экономики и инфраструктуры.

Прежде всего действенность надзорных органов зависит от полноты работы контролируемых лиц, а именно осуществляемых ими мероприятий в области гражданской обороны. Инспекторы проводят плановые и внеплановые проверки, в процессе которых истребуют документацию, осматривают, допрашивают, получают письменные объяснения, отбирают пробы образцов для проведения экспертиз. Важным аспектом является стабильная положительная динамика в устранении ранее выявленных нарушений, свидетельствующая о действенности профилактических визитов и консультаций по вопросам соблюдения обязательных требований в области гражданской обороны[2].

Своевременность и полнота реагирования на обращения физических и юридических лиц по вопросам соблюдения требований гражданской обороны также входят в число приоритетных критериев оценки. Надзорные органы обязаны отвечать на обращения граждан и проводить для них консультации, либо обобщать свою практику на публичных обсуждениях[3]. Это отразит способность оперативно реагировать на потенциальные угрозы и сигналы о нарушениях, а также сформирует доверие общества к системе государственного надзора.

Особое значение приобретает уровень цифровизации надзорной деятельности, включающий наличие и использование автоматизированных систем учёта, планирования, анализа рисков и взаимодействия с поднадзорными субъектами. Одной из таких автоматизированных систем является Единый реестр контрольных (надзорных) мероприятий (ЕРКНМ). Это федеральная государственная информационная система, оператором которой является Генеральная прокуратура Российской Федерации. ЕРКНМ содержит всю информацию о проведении проверок юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и граждан, проводимых в рамках государственного надзора. Цифровые базы позволяют не только оптимизировать работу инспекторов, но и обеспечивают прозрачность и прослеживаемость всех этапов надзорной деятельности[4]. Наряду с этим, одним из критериев должно быть качество межведомственного взаимодействия — наличие согласованных подходов, обмена информацией и интеграции данных в области гражданской обороны между Федеральной налоговой службой, Росреестром и управлениями надзорной деятельности МЧС России.

Статистика показывает, насколько продуктивно работают органы государственного надзора. Так например, по информации о результатах надзорной деятельности в области гражданской обороны за девять месяцев 2023 года было проведено 811 плановых проверок и 803 — внеплановых. По сравнению с 2022 годом общее количество проверок выросло на 42,8% за счёт внеплановых. В ходе проверок выявили 13 761 нарушение — в три раза больше, чем в предыдущем году. Вручили 927 предписаний и 1051 протокол о нарушении на сумму штрафов 10 203,860 тыс. рублей[5]. В Распоряжении МЧС России от 18.12.2024г. N 1239 (ред. от 28.01.2025) "Об утверждении Программы профилактики рисков причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям в области гражданской обороны при осуществлении федерального государственного надзора в области гражданской обороны на 2025 год" указано, что по итогам контрольных мероприятий в 2024 г. выявлено

47 947 нарушений, выдано 5 535 предписаний, составлено 6 052 протокола об административных правонарушениях, по которым привлечено 2 218 лиц, наложены штрафы на сумму 45 891 173 тыс. руб., при этом средний процент устранения нарушений — 60,07 %. Следует отметить, что количественное увеличение выявленных нарушений в 2024 году не обязательно свидетельствует об ухудшении реального состояния дел в области гражданской обороны. Напротив, это может отражать активизацию надзорной деятельности, применение риск-ориентированных методов планирования проверок, а также усиление межведомственного взаимодействия и расширение инструментов выявления нарушений, включая цифровизацию процессов контроля. Таким образом, сравнительный анализ статистики за 2023 и 2024 годы позволяет сделать вывод о нарастающем масштабе надзорной деятельности в области гражданской обороны, а также о позитивной динамике в части устранения нарушений. Вместе с тем сохраняются системные проблемы, требующие дальнейшего совершенствования как нормативной базы, так и организационно-технических механизмов обеспечения соблюдения обязательных требований.

Эффективная надзорная деятельность в области гражданской обороны — ключевой элемент системы национальной безопасности. Решение актуальных проблем, связанных с её оценкой и организацией, требует комплексного подхода, включающего как совершенствование критериев результативности, так и реализацию современных организационно-технических мер. Только при условии системного взаимодействия всех участников, оснащённости надзорных органов современными средствами контроля и высокой профессиональной подготовки инспекторского состава возможно обеспечить реальную готовность населения страны, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие них, а также в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 12.02.1998 N 28-ФЗ (ред. от 08.08.2024) [Электронный ресурс] / <https://www.consultant.ru> (дата обращения 1.10.2025г.)
2. Радоуцкий В.Ю., Полуянов В.П. Тактика сил РСЧС и ГО Белгород: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. 225 с
3. Единый методический подход к оценке риска негативных

воздействий при авариях и катастрофах / Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Латкин М.А. // В сборнике: Риски в изменяющейся социальной реальности: проблема прогнозирования и управления. Белгород: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 74-78.

4. Ботыгин Владимир Иванович; Кисляков Павел Александрович Гражданская Оборона / Александрович Ботыгин Владимир Иванович; Кисляков Павел. РГГУ, 2021. - 266 с.

5. Распоряжение МЧС от 18.12.2023 № 1055 и № 1056. Итоги за 2023 год в области ГО и ЧС: стало больше проверок и штрафов [Электронный ресурс] // Промбезопасность 2024. URL: <https://1glss.ru> (дата обращения 1.10.2025г.)

УДК 004.43

Иващенко И. А.

Научный руководитель: Коршаков К. С. ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ СОРТИРОВКИ И ПОИСКА В 1С

Алгоритмы сортировки и поиска являются фундаментальными компонентами любой информационной системы. В контексте ERP-систем, таких как 1С:Предприятие, эффективность этих алгоритмов критически влияет на производительность при работе с большими объемами данных, формировании отчетов и выполнении аналитических запросов.

Платформа 1С предоставляет разработчикам различные встроенные методы сортировки и поиска, но их эффективность может значительно варьироваться в зависимости от типа данных, размера коллекций и специфики алгоритма.

Классификация алгоритмов в 1С

Алгоритмы сортировки

Платформа 1С предоставляет несколько встроенных методов сортировки: Сортировать() - основной метод сортировки массивов, СортироватьПоПолю() - сортировка таблиц значений, СортироватьПоКолонкам() - сортировка по нескольким полям.

Алгоритмы поиска

Встроенные методы поиска включают Найти() - линейный поиск в массивах, НайтиПоПолю() - поиск в таблицах значений, НайтиСтроки() - поиск с условием.

Анализ временной сложности

Алгоритмы сортировки

Экспериментальное исследование показало, что встроенный метод Сортировать() в 1С использует алгоритм быстрой сортировки (QuickSort) с модификациями. Временная сложность составляет $O(n \log n)$ в лучшем и среднем случае, и $O(n^2)$ в худшем случае.

Таблица 1. Результаты тестирования:

Размер массива	Время сортировки (мс)	Сравнения
1,000	2-5	~10,000
10,000	25-50	~130,000
100,000	300-600	~1,600,000
1,000,000	3,000-6,000	~20,000,000

Сортировка таблиц значений имеет дополнительную сложность из-за необходимости работы с объектами. Временная сложность составляет $O(n \log n)$ для сравнения плюс $O(n)$ для перемещения объектов.

Алгоритмы поиска

Встроенные методы поиска в 1С используют линейный поиск с временной сложностью $O(n)$. 1С не предоставляет встроенного бинарного поиска, но его можно реализовать с временной сложностью $O(\log n)$.

Оптимизация алгоритмов

Оптимизация сортировки

Для различных сценариев рекомендуется использовать разные подходы: для небольших массивов (менее 1000 элементов) - встроенный метод Сортировать(), для средних массивов (1000-10000 элементов) - встроенный метод с предварительной оптимизацией данных, для больших массивов (более 10000 элементов) - внешнюю сортировку и использование временных таблиц СУБД.

Оптимизация поиска

Для таблиц значений рекомендуется создавать индексы и использовать кэширование результатов поиска для повышения производительности.

Сравнительный анализ производительности

Таблица 2. Сравнение алгоритмов сортировки

Алгоритм	1,000 элементов	10,000 элементов	100,000 элементов
Встроенная сортировка	3 мс	35 мс	450 мс
Сортировка с оптимизацией	2 мс	25 мс	300 мс

Внешняя сортировка (СУБД)	50 мс	100 мс	200 мс

Таблица 3. Сравнение алгоритмов поиска

Метод поиска	1,000 элементов	10,000 элементов	100,000 элементов
Линейный поиск	0.3 мс	3 мс	30 мс
Бинарный поиск	0.01 мс	0.1 мс	1 мс
Поиск по индексу	0.05 мс	0.1 мс	0.2 мс

Практические рекомендации

Выбор алгоритма сортировки

Для массивов примитивных типов рекомендуется использовать встроенный метод Сортировать(), предварительно удалять дубликаты и избегать многократной сортировки. Для таблиц значений следует создавать индексы для часто используемых полей и использовать составные индексы для сложных запросов.

Оптимизация поиска

Для частых поисков рекомендуется создавать индексы, использовать кэширование и применять бинарный поиск для отсортированных данных. Для сложных условий поиска следует использовать SQL-запросы и применять полнотекстовый поиск.

Мониторинг производительности

Ключевые метрики включают время выполнения операций, количество сравнений, использование памяти и частоту обращений к данным.

Закключение: проведенный анализ показал, что эффективность алгоритмов сортировки и поиска в 1С существенно зависит от правильного выбора алгоритма и его оптимизации под конкретные задачи.

Ключевые выводы:

1. Встроенные алгоритмы 1С обеспечивают хорошую производительность для типичных сценариев
2. Оптимизация сравнения может значительно улучшить производительность сортировки
3. Использование индексов критически важно для эффективного поиска
4. Кэширование результатов позволяет избежать повторных вычислений

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косоногова, М. А. Математическое обеспечение адаптивного электронного учебника / М. А. Косоногова // Молодежь и научно-технический прогресс : международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, Губкин, 16 апреля 2015 года. Том 1. – Губкин: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 307-311.
2. Олейник, П. П. Основные стандарты корпоративных информационных систем: MPS, MRP, MRP II, ERP, CSRP, ERP II / П. П. Олейник ; Олейник Павел Петрович. – Saarbrücken : Lap Lambert acad. publ., 2011. – 83 с.
3. ERP-системы. Эффективность и проблематика внедрения ERP-систем / Т. Е. Артамонова, А. В. Овсянникова, А. В. Воробьева, А. Э. Попович // Естественные и технические науки. – 2016. – № 4(94). – С. 173-174.
4. Толмачев, Н. А. Оценка эффективности ERP-системы в организации и координации автомобильных грузоперевозок / Н. А. Толмачев, Ж. Т. Жаншарипов, Т. С. Рустем // Вестник науки. – 2025. – Т. 1, № 5(86). – С. 132-143.

УДК 628.357.2

Игумнова В.В., Спельников В.Н.

*Научный руководитель: Латыпова М.М. канд. хим. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

О ПРИЧИНАХ ОКРАШИВАНИЯ ВОДЫ В ПРУДАХ-ОТСТОЙНИКАХ

Природные малиновые озера – редкое явление природы, которое связано с особым составом воды и наличием определенных микроорганизмов. Цвет воды озер малиновый из-за особых микроорганизмов – *Serratia salinaria*. Эти микроорганизмы не видимы глазу, но выделяют розоватый пигмент, который и окрашивает воду. Живут они исключительно в соленой воде. Со временем отмирая, различные озерные микроорганизмы образуют на дне водоема скопления особой грязи, которая считается лечебной [1-3].

Прошло почти четверть века после того, как перестал существовать Белгородский витаминный комбинат, однако система

прудов накопителей и испарителей продолжает существовать в настоящее время. Они прекратили получать воду от предприятия и являются по сути водными объектами, получающими воду за счет поверхностного стока и осадков. Один из таких прудов находится на территории микрорайона Сосновка города Белгорода (рис. 1).



Рис. 1. Пруд на территории микрорайона Сосновка (г. Белгород)

В конце лета 2025 года вода приобрела малиновую окраску. Задачей являлось исследование воды и выявление причин появления окрашивания.

Нами был проведен химический анализ воды в трехкратной повторности, результаты были обработаны с помощью методов математической статистики. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический анализ воды

Показатель	Значение, мг/дм ³
Растворенный кислород	2,0 ±0,32
Хлорид - ион	143,0 ±20,0
Сульфат - ион	63,8 ±19,1
Фосфат - ион	0,686 ±0,096
Нефтепродукты	0,64 ±0,15
Сухой остаток	632,0 ±56,9
ХПК	200 мгО/дм ³

Из результатов анализа следует, что вода является загрязненной. В воде высокое содержание биогенных элементов.

Для выявления причины окрашивания провели посев на различных средах. В ходе исследований получили пурпурные бактерии, преимущественно серные класса гамма-протеобактерий различных родов *Rhabdochromatium*, *Amoebobacter*, *Lamprobacter*, *Lamprocystis*, *Thiodiction* *Thiopedia*. Однако доминантным видом являлась *Thiolamprovum pedioforme* (Chromatiaceae: Gammaproteobacteria) (рис. 2).



Рис. 2. Пурпурные бактерии

В двадцатых числах августа прошли дожди при температуре +17–19 °С. Затем наступила очень жаркая, солнечная погода +30–32 °С. В пруд во время дождей поступила большое количество органических соединений за счет поверхностного стока, а высокие температуры и солнечная активность спровоцировали создание близких к анаэробным условий. Это послужило причиной интенсивного развития пурпурных серных бактерии, которые создают видимые скопления в прозрачных водоёмах на границе анаэробной зоны и окрашивают воду в розовый, малиновый и фиолетовый цвета.

На основании единичного наблюдения преждевременно давать какие-либо однозначные экологические оценки ситуации или предлагать пути ее улучшения. Следует организовать регулярное наблюдение за объектом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горбунов, М.Ю., Уманская М.В. Цветение пурпурных фототрофных бактерий в прудах-отстойниках пос. «Балтика» (Кинельский р-н, Самарская обл., Россия) / М.Ю. Горбунов, М.В. Уманская // Материалы международной конференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек». – 2018. – № 6. – С. 77-79.
2. Горленко, В.М., Вайнштейн, М.Б., Качалкин, В.И. Микробиология озера Могильного. Микробиологические процессы /

В.М. Горленко, М.Б. Вайнштейн, В.И. Качалкин // Реликтовое озеро Могильное. – Л., 1975. – С. 188–197.

3. Севостьянова, О.В., Латыпова, М.М. Гидробиологический анализ состояния активного ила как оценка эффективности работы очистных сооружений / О.В. Севостьянова, М.М. Латыпова // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: материалы международной научно-технической конференции. – 2015. – С. 115-117.

УДК 65.012.123

Истомина А.Е., Никонов Н.А.

Научный руководитель: Черноситова Е. С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО В ЛАБОРАТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Современные испытательные лаборатории, действующие в соответствии с принципами международных стандартов, сталкиваются с необходимостью постоянного повышения уровня достоверности, воспроизводимости и прослеживаемости результатов испытаний. Выполнение требований ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 [1]. предполагает не только наличие квалифицированного персонала и современного оборудования, но и системный подход к управлению процессами, включающий идентификацию, анализ и минимизацию рисков. При этом традиционные методы качественной оценки рисков, основанные на экспертных суждениях и шкалах вероятности, нередко оказываются недостаточно точными и не позволяют количественно оценить совокупное влияние факторов неопределённости.

В этих условиях использование математических подходов, включая моделирование методом Монте-Карло, становится эффективным инструментом для обеспечения объективности оценок и повышения обоснованности управленческих решений, что способствует укреплению доверия к результатам лабораторной деятельности.

Метод Монте-Карло (Monte Carlo Simulation) — это статистический метод моделирования случайных событий, основанный на многократном генерировании случайных значений входных параметров и оценке распределения возможных исходов. Иными

словами, он помогает ответить на вопрос: «Что будет, если всё пойдёт не по плану — и насколько вероятен тот или иной исход?»).

В качестве примера применения метода Монте-Карло рассмотрим задачу оценки риска получения неудовлетворительного результата при определении содержания битума в асфальтобетонной смеси.

Асфальтобетонная смесь — один из наиболее популярных дорожно-строительных материалов в нашей стране, от качества которого зависит долговечность дорожного полотна. Нормативные требования к горячим асфальтобетонным смесям установлены в ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия» [2].

Физико-механические характеристики получаемого асфальтобетона напрямую зависят от качества используемых сырьевых материалов и соблюдения технологии производства этого материала, в том числе от точности дозирования основных компонентов смеси — минеральной части (щебень, песок, минеральный порошок) и вяжущего — битума.

Требуемое количество битумного вяжущего в асфальтобетонной смеси определяют при проектировании состава смеси по ГОСТ 9128-2013 [2]. Допустимое отклонение содержания битума в готовой смеси от проектного значения: $\pm 0.5\%$.

При проведении испытаний по данному показателю по методике ГОСТ Р 58401.19-2019 [3] (метод экстрагирования) основными источниками неопределенности будут являться погрешность измерительных приборов, неоднородность материала и вытекающая отсюда неопределенность, связанная с отбором проб, а также влияние человека (испытателя). Для примера зададимся следующими значениями погрешностей, а также законами их распределения:

погрешность весов: $\pm 0.1\%$ — прямоугольное распределение;

неопределенность, связанная с процессом экстрагирования (температура, природа экстрагента): $\pm 0.2\%$ — распределение Стьюдента;

неопределенность, связанная с отбором пробы: $\pm 0.15\%$ — нормальное распределение;

влияние оператора: $\pm 0.1\%$ — распределение Стьюдента.

Для решения данной задачи с помощью метода Монте-Карло, зададимся некоторым числом итераций (в нашем случае — 500000), в каждой из которых погрешность для каждого источника будет случайным образом выбираться из заданного ранее диапазона в

соответствии с ее законом распределения. Тогда прогнозируемая погрешность значения содержания битума на каждой итерации можно вычислить по формуле (1).

$$\text{Результат} = \Delta_{\text{весов}} + \Delta_{\text{экстрактора}} + \Delta_{\text{пробы}} + \Delta_{\text{оператора}} \quad (1)$$

где $\Delta_{\text{весов}}$ - погрешность весов; $\Delta_{\text{экстрактора}}$ - неопределенность, связанная с процессом экстрагирования; $\Delta_{\text{пробы}}$ - неопределенность, связанная с отбором пробы; $\Delta_{\text{оператора}}$ - влияние оператора.

После завершения цикла производится анализ полученных результатов, рассчитываются следующие параметры: среднее значение полученных результатов, стандартное отклонение, 95% доверительный интервал, количество выхода результата за доверительный интервал по нижней и верхней границе.

Для демонстрации применения данного метода была написана программа на языке Python, задав в которую диапазоны изменения погрешностей и законы их распределения, получим статистические показатели результата (рис. 1) и график распределения значений содержания битума (рис. 2) [4].

Программа рассчитывает статистические показатели по ГОСТ Р 8.736-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. основные положения» [5].

Среднее значение отклонения: 0.0001%

Среднеквадратическое отклонение: 0.1064%

95% доверительный интервал: -0.0002% ÷ 0.0004%

Вероятность выхода за верхнюю границу (+0.5%): 0.0004%

Вероятность выхода за нижнюю границу (-0.5%): 0.0%

Суммарный риск недостоверного результата: 0.0004%

Рис. 1 – Результат работы программного средства

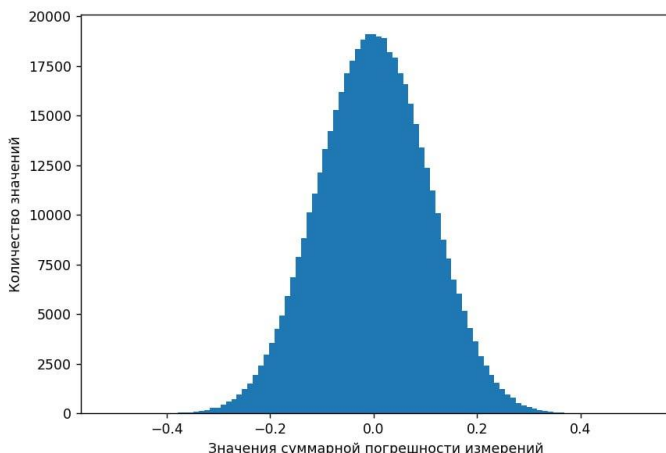


Рис.2 – Распределение значений погрешности процента содержания битума

Полученные значения позволяют сделать выводы о стабильности качества выпускаемой асфальтобетонной смеси и организации технологического процесса производства по показателю содержания битума. В рассмотренном примере вероятность выхода за пределы нормативных границ составляет 0,0004% из 500000 итераций.

Рассчитанные программой вероятности выхода исследуемого показателя за нормативные границы фактически показывают вероятность появления брака по содержанию битума в асфальтобетонной смеси в производственном процессе и могут быть использованы для выработки управленческих решений по его предотвращению или минимизации.

Для повышения достоверности получаемых результатов необходимо уточнить виды распределений параметров, использованных в математической модели, после накопления достаточного объема статистических данных в испытательной лаборатории. Рассмотренный в исследовании подход можно адаптировать к процессу оценивания неопределенности результатов испытаний в аккредитованных испытательных лабораториях, при оформлении заключений о соответствии (по требованию заказчика испытаний), а также в процедурах оценки рисков лабораторной деятельности, например, рисков получения неудовлетворительных результатов в процедурах внутрилабораторного контроля по методикам с установленными значениями показателей точности (сходимость, воспроизводимость и др.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. [Текст]. – Взамен ГОСТ ИСО/МЭК 17025—2009; Введ. с 01.09.2019. – Москва: Стандартиформ 2021. – 23 с.
2. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимер асфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. [Текст]. – Взамен ГОСТ 9128-2009; Введ. с 01.10.2014. – Москва: Стандартиформ 2014. – 50 с.
3. ГОСТ Р 58401.19-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Определение содержания битумного вяжущего методом экстрагирования. [Текст]. – Введен впервые; Введ. с 06.06.2019. – Москва: Стандартиформ 2019. – 6 с.
4. Черноситова, Е. С. Всеобщее управление качеством Методические указания к выполнению расчетно-графического задания для студентов направления 27.03.02 – Управление качеством [Текст] / Е. С. Черноситова — . — г. Белгород: Изд-во БГТУ, 2018 — 25 с
5. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. основные положения. [Текст]. – Введен впервые; Введ. с 13.12.2011. – Москва: Стандартиформ 2019. – С. 3-7.

УДК 004.934.2

Калиткин И.В., Мурзин Е.А.

Научный руководитель: Реньюк Н.С., ст. преп.

*Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники, г. Томск, Россия*

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРНЫХ ГЛУХИХ ЗВУКОВ

В настоящее время актуальна область распознавания слитной речи, поскольку эффективность работы систем все еще сильно зависит от таких характеристик речи диктор, как дефекты, спонтанность и язык [1-3]. В таблицу сведены результаты поисковой работы литературы

предметной области: процент публикаций за последние 5 лет от публикаций за все время (значения округлены до целых).

Таблица 1 – Результаты поисковой работы

Тема	Распознавание слитной речи		Параметрическое описание речевых сигналов		Парные глухие звуки	
Язык запроса	Англ.	Рус.	Англ.	Рус.	Англ.	Рус.
Эл. библиотека						
Elibrary.ru	49	38	59	13	25	36
Google scholar	12	19	22	18	19	37
Mendeley	5	-	15	-	21	-
КиберЛенинка	64	31	48	22	43	57

Целью данной работы является обзор исследований, посвящённых особенностям глухих парных звуков. Отличие групп звуков определяется различием в их формировании речевым аппаратом человека. В работах, посвященных основам логопедии Фомичевой и Кутеповой [4], Филичевой и Чиркиной [5] предложены классификации фонем. Рассматриваемые звуки называются «глухими», так как при их образовании отсутствует вибрация голосовых связок, и «ротовыми», потому что при их образовании выходящая воздушная струя не проходит через носовую полость. Рассматриваемую группу можно назвать шумными звуками (качество определяется характером акустического эффекта от трения воздуха при сближенных или взрыве при сомкнутых органах речи): [с], [с'], [ш], [ф], [ф'] – длительные; [п], [п'], [т], [т'], [к], [к'] – мгновенные. По способу образования рассматриваемая группа делится на образованные смычкой и щелью, причем разными местами в артикуляционном аппарате (губы, зубы, небо, спинка языка).

Были рассмотрены работы лингвистов в области фонетики. Буланин подчёркивает, что у глухих согласных шумовая компонента доминирует над тоновой, а важнейшими параметрами для описания являются распределение энергии по частотам и длительность шумовой составляющей [6]. Панов указывает, что параметры согласных сильно модифицируются соседними гласными [7]. Кодзасов и Кривнова уточняют, что смягчение согласного определяется сдвигом второй форманты в следующем гласном [8].

Коневым в диссертационной работе указана необходимость анализа структуры и выделение параметров речевого сигнала [9]. В учебнике [10] Бондаренко, Вербицкой и Гординой написано, что при представлении сигнала в виде спектрограммы можно выделять области усиления частот, называемые формантами: нулевая – частота основного тона, первая и вторая определяют фонему, третья и последующие указывают на особенности диктора. Беловой предложен метод аутентификации по формантным характеристикам [11]. Расселом проведена работа с английскими аналогами русских парных глухих звуков и определено, что турбулентный поток воздуха при произнесении шумных согласных создаёт хаотичную смесь случайных частот, каждая из которых длится очень недолго: результат на спектрограмме очень похож на «белый шум». При этом [s] (аналог - [с]) имеет более высокую среднюю частоту, чем [ʃ] (аналог - [ш]); и та, и другая выше, чем [f] (аналог - [ф]) или [θ] (аналог - [т]) [12].

Валуцовой и Чирковой утверждается, что формантные характеристики гласных русского языка варьируются в зависимости от родного языка спикера [13], что подтверждается работами, в которых исследовались параметры речевых сигналов парных глухих фонем на русском языке, произносимых не носителями русского языка: литовцами, иранцами, тайваньцами и корейцами [14-17]. В исследованиях Кузнецова и Боброва изучены формантные переходы в сочетаниях согласные–гласные–согласные–гласные, причем в качестве согласных взяты глухие [18-19].

Спектральные характеристики звуковых сигналов определяются зависимостями амплитуды от времени и от частоты [20]. В исследовании Дебуа продемонстрировано использование методов машинного обучения для определения [ф], [с] и [ш] на основе спектральных измерений [21]. Семеновым в материалах диссертации, посвященной алгоритмам быстрого непрерывного вейвлет-преобразования с применением к обработке речевых сигналов, указано, что детальную картину расположения фонем в слове или предложении можно установить, исследуя зависимость энергии сегментов вейвлет-спектра от масштабного коэффициента, а также представлены графики зависимости энергии сегментов от масштабного коэффициента слов «пуск» и «стоп» [22]. В работе Киена реализован алгоритм выравнивания временных масштабов как с использованием коэффициентов линейной спектральной частоты, так и с использованием кепстральных коэффициентов, которые дают наилучший результат, исключая получение вырожденных матриц и

упрощает этап обучения, а также существенно повышает качество конверсии речи [23]. В диссертации Лейссена рассмотрен P-BASE метод, который использует фонемы для построения акустических моделей с помощью байесовской оценки и определено, что показатели оптимальности фонем для [п], [к], [т] превышают [ф], [с], [ш] [24].

Болдышев, Медведева, Прохоренко в своем исследовании вычисляют средние значения длительности и частотной концентрации (в группе самые низкие показатели для [п], а высокие для [с, ш]) также заключают, что при попытке распознавания отдельного звука только по временным и(или) частотным параметрам показатель точности распознавания не превысит 60% [25].

В существующих научно-исследовательских работах рассмотрены такие особенности парных глухих согласных звуков как их образование, фонетические характеристики, показатели их параметров (в частности, формант), а также существующие методы, используемые в системах распознавания слитной речи. Данный обзор будет использован в рамках исследования параметрического описания парных глухих согласных русского языка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуртуева И.А. Современные проблемы автоматического распознавания речи // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН № 6 (98) 2020. С.20–33.
2. Дырмовский Д., Матвеев Ю., Балыкина Л. Современный рынок речевых технологий // Control Engineering Россия №1 (55) 2015. С. 18–24.
3. Кибкало А.А., Данилов А.Г., Мышкин А.С., Сысоев В.Н., Ромашкин Ю.Н. Экспериментальная оценка качества распознавания разговорной русской речи // Речевые технологии №4 (16) 2012. С. 23–33.
4. Основы логопедии с практикумом по звукопроизношению: Учеб. пособие для студ. сред. пед. учеб. заведений / М.Ф. Фомичева, Т. В. Волосовец, Е. Н. Кутепова и др.; Под ред. Т. В. Волосовец-- М.: Издательский центр «Академия», 2002. - 200 с.
5. Филичева Т. Б. и др. Основы логопедии: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по спец. «Педагогика и психология (дошк.)» / Т. Б. Филичева, Н. А. Чевелева, Г. В. Чиркина -- М.: Просвещение, 1989.– 223 с.: ил.

6. Буланин Л.Л. Фонетика современного русского языка. – Москва: Высшая школа, 1970. –207 с.
7. Панов М. В. Современный русский язык. Фонетика Учебник для университетов. – М.: Высш. школа, 1979. – 256 с
8. 2002. 04. 024. Кодзасов С. В. , Кривнова О. Ф. Общая фонетика. М. : Рос. Гос. Гуманит. Ун-т, 2001. 591 с
9. Конев А.А. Модель и алгоритмы анализа и сегментации речевого сигнала: автореф. на соиск. Ученой степ. канд. техн. наук. Томск, 2007. 20 с.
10. Бондарко Л. В., Вербицкая Л.А, Гордина М. В. Основы общей фонетики. – 4-е. – СПб.: Академия, 2004. – 160 с.
11. Белова Е.П. Использование формантных характеристик гласных и согласных звуков русского языка для аутентификации пользователей // Информационная безопасность цифровой экономики: материалы XIX науч.- практ. конф. Новосибирск: СибГУТИ, 2023. С. 93–102.
12. «K. Russell Phonetic: Identifying Sounds in Spectrograms»: сайт University of Manitoba, 2005. – URL: <https://home.cc.umanitoba.ca/~krussell/> (дата обращения 01.09.2025). –Режим доступа: свободный. –Текст: электронный.
13. Валуйцева И. И., Чиркова Г. Ю. Звучащая речь мигрантов: формантная характеристика // Полилингвильность и транскультурные практики. 2015. №5.
14. Дануте Балшайтите, Эгидиус Крауялис Акустические параметры палатализации / веляризации в спектрах переднеязычных взрывных согласных [t'] и [t] в русской речи литовца // Kalbotyra. 2014. №1. С 16–33.
15. Валипур Алиреза, Джамалзад Мохаммад Экспериментальное исследование акустических факторов произношения русских щелевых согласных в иранской аудитории // Вестник Московского университета. Серия 19. Лингвистика и межкультурная коммуникация. 2021. №3.
16. Чанг Чинг-Гво Перцептивно-акустический анализ речи на неродном языке: На материале реализации русских парных звонких и глухих согласных тайваньцами дис. канд. филолог. наук. 1999. 559 с.
17. Капарушкина Д.И. Экспериментальное исследование произношения русских взрывных согласных в корейской аудитории // Полилингвильность и транскультурные практики. - 2014. - №3. - С. 47–54.
18. Кузнецов В. Б. Сг-коартикуляция и место образования согласного в русском языке. Данные локус уравнений // Вестник

Московского государственного лингвистического университета. Гуманитарные науки. 2018. №6 (797).

19. Кузнецов В. Б., Бобров Н. В. Место образования мягких согласных и формантные переходы F2 вокалического окружения в русской речи // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Гуманитарные науки. 2019. №11 (827).

20. Иванушкин С.А., Поддубный М.И., Косарев Д.А., Вешкин А.В., Заборских П.С., Елгин Ю.И. Основные спектральные характеристики речевых сигналов и их определение // Информатика: проблемы, методы, технологии: Материалы XXI Международной науч.-метод. конф. Воронеж: Вэлборн, 2021. С. 334–342.

21. Ulrich, Natalja & Allasonnière-Tang, Marc & Pellegrino, François & Dediu, Dan. (2021). Identifying the Russian voiceless non-palatalized fricatives /f/, /s/, and /ʃ/ from acoustic cues using machine learning. The Journal of the Acoustical Society of America. 150. 1806-1820.

22. Семенов В.И. Разработка и моделирование алгоритмов быстрого непрерывного вейвлет-преобразования с применением к обработке речевых сигналов автореф. дис. На соиск. ст. кандидата технических наук. Ульяновск, 2012. 23 с.

23. Тхай Чунг Киен Реализация и выбор параметров при использовании алгоритма выравнивания временных масштабов для систем конверсии голоса // Доклады БГУИР № 3 (33) 2008. С. 96–102

24. Leussen J.-W. Investigating consonant inventories with acoustic and articulatory models: дис. На соиск. уч. степени магистра / Jan-Willem van Leussen; University of Amsterdam. – Amsterdam, 2009. 48 С.

25. Болдышев А. В., Медведева А. А., Прохоренко Е. И. Параметрическое описание звуков речи в задаче распознавания // Экономика. Информатика. 2017. №23 (272).

УДК 621

Карачевцев И.О., Горленко Ю.А., Дубняков С.И.

Научный руководитель: Блинова Т.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ШЕРОХОВАТОСТЬ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА ГИДРОЦИЛИНДРА ТОРМОЗНОГО

Шероховатостью поверхности называют совокупность микронеровностей с относительно малыми шагами. Эффективный зазор

или натяг, прочность деталей, антикоррозионная стойкость, плотность и герметичность соединений зависят от шероховатости поверхности. Самую большую роль шероховатость поверхности играет в подвижных соединениях, оказывая значительное влияние на трение и износ трущихся поверхностей. Далее именно этот пункт будет рассмотрен как основной критерий при выборе значения шероховатости [1].

Корпус гидроцилиндра тормозного является координирующей деталью, которая определяет положение остальных деталей, входящих в сборку. В свою очередь гидроцилиндр тормозной является исполнительным механизмом тормозной системы автомобиля. Когда тормозная жидкость под давлением поступает в полость гидроцилиндра, она толкает поршни, которые затем разжимают тормозные колодки.

Чтобы поршни перемещались плавно, и не происходил быстрый износ в сочленении поршень – корпус, необходимо верно назначить шероховатость рабочей (исполнительной) поверхности корпуса – основного отверстия. Устройство гидроцилиндра тормозного представлено на рис. 1.

Теперь рассмотрим рекомендации по назначению шероховатости. Например, гильза пневмоцилиндра изготавливается с шероховатостью класса 9 или 10 [2], что соответственно равно параметру шероховатости Ra 0,32 или 0,16 мкм согласно справочным данным [3].

Если рассмотреть проектирование гидроцилиндров, то в технических требованиях для поверхности гильзы рекомендуется параметр шероховатости Ra 0,32 мкм [4].

В справочной литературе для поверхностей цилиндров обычного исполнения и низкого давления рекомендуется параметр шероховатости соответственно 0,2 мкм и 0,4 мкм [3].

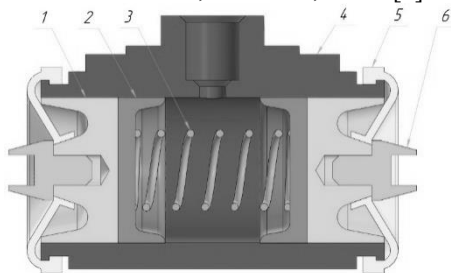


Рис. 1. Основные элементы гидроцилиндра: 1 – поршень; 2 – манжета; 3 – пружина; 4 – корпус; 5 – колпак защитный; 6 – вилка

Шероховатость основного отверстия корпуса гидроцилиндра тормозного можно также определить, зная посадку соединения. Для поршня в тормозном цилиндре автомобиля рекомендуется посадка H7/f7 [3]. В нашем случае основное отверстие имеет диаметр 34 мм, и если воспользоваться данными ГОСТ Р 70117-2022, то в нем для поверхности, попадающей в интервал номинальных размеров свыше 30 до 40 мм и имеющей допуск H7, рекомендуется значение параметра шероховатости Ra 0,8 мкм.

Необходимую высоту шероховатостей (неровностей профиля) можно определить, зная точность проектируемого сопряжения, с помощью экспериментально-статистической зависимости для диаметров 18–50 мм [1]:

$$Rz \approx (0,15 - 0,2)T, \quad (1)$$

где T – поле допуска, мкм.

В нашем случае для $\varnothing 34H7$ допуск равен 25 мкм, тогда:

$$Rz \approx 0,17 \cdot 25 = 4,25 \text{ мкм.}$$

Переведем полученное значение в параметр шероховатости Ra , воспользовавшись ориентировочной зависимостью $Rz \approx 4 \cdot Ra$. В итоге $Ra \approx 1,06$ мкм, что близко к ранее полученному значению шероховатости из ГОСТ Р 70117-2022.

К примеру, существуют данные [5], в которых приведены оптимальные соотношения параметров поверхности. Согласно этой таблице для основного отверстия диаметром 34 мм и допуском H7 рекомендуется параметр шероховатости Ra 1,6 мкм.

С одной стороны, следует учитывать служебное назначение гидроцилиндра тормозного, потому что зазор между тормозными колодками и барабаном небольшой. Поэтому и ход поршней невелик, к тому же и скорость перемещения поршней незначительна. Из этого следует, что и требования к шероховатости рабочей поверхности не должны быть жесткими.

С другой стороны, рассмотренные примеры назначения шероховатости рабочих поверхностей пневмо- и гидроцилиндров, где параметр Ra принимается в диапазоне 0,16–0,4 мкм, относятся к станочным приспособлениям. В этом случае ход поршня, его скорость и усилие значительно выше, потому что необходимо обеспечить надежное закрепление заготовки или инструмента в кратчайшее время, а также удобное извлечение заготовки из рабочей области. Из этого следует, что требования к шероховатости рабочей поверхности цилиндров более строгие.

Таким образом, приходим к выводу, что для рабочей поверхности корпуса гидроцилиндра тормозного следует назначить параметр шероховатости Ra 0,8 мкм, который обеспечит выполнение служебного назначения изделия. Хотя параметр шероховатости Ra 1,6 мкм является оптимальным, но он вряд ли учитывает характер служебного назначения гидроцилиндра тормозного.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / Л.В. Лебедев, И.В. Шрубченко, А.А. Погонин, А.Г. Схиртладзе. – 3-е изд. перераб. и доп. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – 262 с.
2. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Издание 4-е, исправл. и доп. Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1975 г. – 656 с.
3. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. / В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1982. – Ч. 1. 543 с.
4. Гидроцилиндры: учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов и др. – Тольятти: ТГУ, 2011. – 72 с.
5. Шрубченко, И.В. Разработка высокоэффективных технологических процессов: учеб. пособие / И.В. Шрубченко, А.В. Хуртасенко, М.Н. Воронкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 84 с.

УДК 66.041.49

Карачевцева А.В., Запара У.И.

Научный руководитель: Фадин Ю.М., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ПЕЧЕЙ

Главным звеном в цепи агрегатов технологических линий является вращающиеся печь, от эксплуатации которого и его надежности зависят технико-экономические показатели всего цементного завода.

Вращающаяся печь – печь, цилиндрической формы, вращающаяся вдоль продольной оси, футерованная внутри огнеупорными

материалами, необходимая для обжига сыпучих материалов при производстве строительных материалов [1].

Разделяют два вида вращающихся печей:

- Печь для сухого способа (Рис. 1);
- Печь для мокрого способа (Рис. 2). [2], [3]

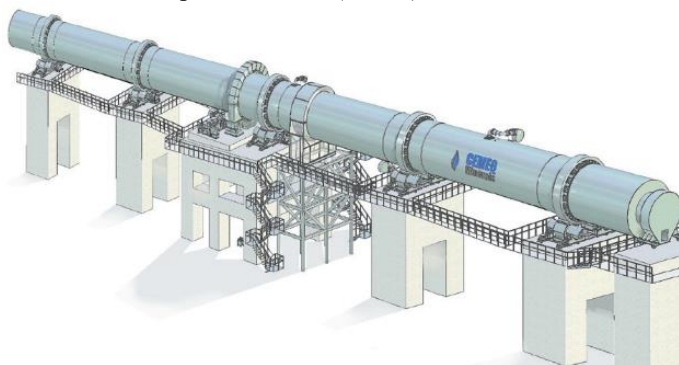


Рис. 1 Печь для сухого способа



Рис. 2 Печь для мокрого способа

Основными направлениями совершенствования вращающихся печей является:

1. Повышение энергоэффективности:

- **Теплоизоляция.** Внедрения современных огнеупоров с низкой теплопроводимостью для предотвращения потери тепла через корпус печи.
- **Паразитное тепло.** Использование отработавших газов для предварительного нагрева сырья, перед попаданием его в печь.

- **Теплообмен.** Усовершенствование внутренних поверхностей печи для наилучшего перемешивания материала. Внедрение новых устройств для перемешивания [4].

2. Снижения затрат на топливо:

- **Альтернативное топливо.** Использование другого, более дешевого вида топлива. Например, водород, или использование отработанных масел.

- **Система EGR (Exhaust Gas Recirculation).** Система, которая будет добавлять отработанные газы заново в печь. Таким образом можно добиться полноценного сгорания газов, минимизировать выброс вредных веществ в атмосферу и одновременно с этим подогревать сырье, перед загрузкой в печь.

3. Цифровизация и автоматизация управления:

Использование новейших датчиков для отслеживания всех важных параметров. Если добавить к этому искусственный интеллект, то реакция на все опасные факторы будет моментальной. ИИ сможет предотвратить поломки и разрушение. Также вовремя предупредить о предстоящем обслуживании или ремонте.

4. Снижение экологического воздействия:

Очистка газов. Усовершенствования систем газоочистки – электрофильтры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительные машины [Текст] : Справочник / Под общ. ред. канд. техн. наук лауреата Сталинской премии В. А. Баумана. - Москва : Машгиз, 1954. - 916 с. : ил.; 23 см.

2. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций [Текст] : [Учебник для специальностей "Мех. оборудование предприятий строит. материалов, изделий и конструкций" вузов]. - Москва : Высш. школа, 1971. - 382 с. : ил.; 26 см.

3. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций [Текст] : (Общий курс) : Учебник / В. А. Бауман, Б. В. Клушанцев, В. Д. Мартынов. - Москва : Машиностроение, 1975. - 350 с. : ил.; 22 см.

4. С. И. Анциферов, Ю. М. Фадин, А. В. Карачевцева. Совершенствование технологического процесса обжига во вращающейся печи // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов :

Межвузовский сборник статей. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 55-57.

УДК 006. 30.10

Касаткин С. В.

*Научный руководитель: Луценко О. В. канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛАБОРАТОРИИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ФБУ «БЕЛГОРОДСКИЙ ЦСМ»

Современные требования к качеству продукции и точности измерений обуславливают важность метрологических исследований и стандартизации. ФБУ «Белгородский ЦСМ», является ключевым учреждением в Белгородской области, обеспечивающим единство измерений и соответствие продукции нормативным требованиям. Целью данной работы является анализ деятельности ФБУ «Белгородский ЦСМ», изучение процессов поверки и описание опыта работы с современным метрологическим оборудованием. Особый акцент сделан на лаборатории теплотехнических измерений, где были освоены методы калибровки и оценки погрешностей [2].

ФБУ «Белгородский ЦСМ» функционирует как государственное учреждение с 1995 года (регистрация с 01.11.1995) и подчиняется Федеральному агентству по техническому регулированию и метрологии, обладает широкой областью аккредитации для поверки средств измерений различных величин: геометрических, механических, теплотехнических, физико-химических и других. Основные направления деятельности включают метрологические работы (поверка, калибровка), стандартизацию (разработка национальных стандартов), сертификацию и испытания продукции. Учреждение сертифицировано по ГОСТ Р ИСО 9001-2015, что подтверждает высокую эффективность системы менеджмента качества [5].

Во время производственно-технологической практики я был направлен в лабораторию теплотехнических измерений Лаборатория теплотехнических измерений ФБУ «Белгородский ЦСМ» оснащена современным оборудованием, включая поверочную установку «Эрмитаж», предназначенную для воспроизведения

массового и объемного расходов жидкости (диапазон 0.01–280 л/ч) с использованием расходомеров «KROHNE» и весоизмерительных устройств «НВМ». (Рис. 1)



Рис. 1- Установка «Эрмитаж»

Процесс поверки включает прием средств измерений, их регистрацию в системе 1С, проверку соответствия эталонам и оформление протоколов. Например, поверка тепловычислителя ТВ7-01 проводится с использованием стенда СКС-6 и методики ТРОН.407290.007 МП, где измеряются параметры окружающей среды (температура, влажность) и сравниваются с эталонными значениями. Рис 2.2



Рис. 2 СКС-6

Автоматизированная система управления обеспечивает точность и надежность результатов.

Автор участвовал в поверкетепловычислителя ТВ7-01, освоил настройку стенда СКС-6 и подключение оборудования. Процесс включал внешний осмотр, опробование, идентификацию ПО и контроль метрологических характеристик. Использование установки «Эрмитаж» позволило изучить принципы воспроизведения единиц измерения и расчета погрешностей. Полученные данные фиксировались в протоколах и заносились в Федеральный информационный фонд «Аршин» [1]. Анализ опыта показал, что регулярная калибровка и использование эталонов повышают метрологическую надежность приборов, что особенно важно для обеспечения качества в промышленности [3].

Прохождение производственно-технологической практики в ФБУ «Белгородский ЦСМ» позволило глубже понять процессы стандартизации и метрологии, а также приобрести практические навыки работы с поверочным оборудованием. Изучение организационной структуры и участие в реальных задачах (поверка, оформление документации) укрепило уверенность в выборе профессии. Для повышения эффективности предлагается внедрение автоматизированных систем анализа данных, а также внедрение цифровизации что сократит время поверки. Результаты практики станут основой для дальнейшего профессионального развития в области метрологии [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 8.000-2015 Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения [Текст]/ Росстандарт. – Введ. 2016-07-01. – М. : Стандартиформ, 2019. – 11с.
2. Димов, Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. для вузов. 4-е изд, стандарт третьего поколения/ Ю.В Димов.-СП.:Питер,2013-496с.
3. Метрология и теплотехнические измерения/ Н.С. Долбикова, Л.М. Захарова, А.В. Кузнецова[и др];учебник.-М:НацИИ «МЭИ» 2021.-292с.
4. Луценко, О.В. Метрологическое обеспечение жизненного цикла продукции: учебное пособие/ О.В. Луценко, А. А Афанасьев. – Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г Шухова, 2017.- 94с.

5. Белгородский ЦСМ:[официальный сайт].—URL:<https://csm-belgorod.ru/> (дата обращения 01.09.2025)

УДК 629.733

Каяева Т.Д.

Научный руководитель: Меренков А.О., доц.

Государственный Университет Управления, г.Москва, Россия

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СФЕРЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) становятся ключевым инструментом повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Цель работы — оценить результативность их использования и выявить основные барьеры массового внедрения. Прогнозируется, что до 80% сельхозпредприятий могут быть оснащены дронами в течение десяти лет [1].

Особенности и основные направления применения БПЛА

Ключевая особенность БПЛА — оперативный сбор детализированных данных и выполнение точечных операций на больших площадях. Выделяются три основных направления:

1. Пространственный анализ: создание цифровых карт полей, оценка вегетационных индексов (NDVI, NDRE), раннее выявление проблем, построение 3D-моделей рельефа [2].

2. Мониторинг состояния посевов: оперативная фитосанитарная диагностика с возможностью прецизионного внесения средств защиты растений (СЗР) и удобрений (экономия до 30-50%).

3. Прецизионное воздействие: точечное управление ресурсами на основе данных мониторинга (дифференцированное внесение материалов, посев).

Таким образом, БПЛА реализуют переход от обработки всего поля к управлению отдельными участками, что является сутью точного земледелия.

Барьеры использования БПЛА

1. Нормативно-правовое регулирование

Стремительное развитие технологий опережает адаптацию законодательства. Федеральный закон №291-ФЗ обязывает сертифицировать и регистрировать БПЛА весом от 0,25 до 30 кг [3].

Управление дроном разрешено только внешнему пилоту с правами [4]. Эти требования создают административные препятствия для сельхозпроизводителей.

2. Экономические барьеры

Эффективность БПЛА имеет двойкий характер. С одной стороны, они сулят долгосрочную экономию ресурсов. С другой — требуют крупных единовременных затрат на покупку профессионального дрона, оборудования, ПО и обучение персонала. Для малых и средних хозяйств эти инвестиции часто неподъемны, а срок окупаемости может растянуться на годы, усугубляя цифровое неравенство.

3. Кадровые и технические барьеры

Для эффективной работы требуются не просто пилоты, а операторы-универсалы с знаниями в агрономии и геоинформатике, дефицит которых ощущим.

Технические ограничения включают:

- Короткое время полета (20–40 минут).
- Ограниченную грузоподъемность.
- Высокую зависимость от погодных условий (ветер, дождь, туман).
- Сложности с логистикой и ремонтом в удаленных регионах.

Рекомендации для успешной интеграции беспилотных технологий

Для преодоления системных барьеров внедрения БПЛА необходим комплексный подход:

1. Развитие кадров через программы переподготовки для формирования цифровых компетенций специалистов АПК.
2. Либерализация нормативной базы, включая упрощение процедур (уведомительный порядок полетов) и установление четких правил.

Это позволит одновременно решить проблему кадрового дефицита и создать гибкие правовые условия для раскрытия потенциала беспилотных технологий.

Эффективность применения БПЛА

Для более точной оценки эффективности ниже приведена таблица сравнительного анализа использования БПЛА и традиционных методов в сельском хозяйстве.

Таблица 1 – Сравнительный анализ использования БПЛА и традиционных методов в сельском хозяйстве составлено на основе [5]

Критерий	Традиционные методы (наземная техника и т.д)	БПЛА (беспилотные летательные аппараты)
Оперативность и скорость	Высокая	Низкая/Средняя
Детализация данных	Очень высокая	Низкая
Точность воздействия	Претензионная	Низкая
Влияние на почву	Отсутствует	Высокое
Экономия ресурсов	Высокая	Низкая
Затраты (капитальные/операционные)	Высокие первоначальные инвестиции, но низкие операционные расходы	Низкие/Высокие
Зависимость от погоды	Высокая	Средняя
Кадровые требования	Высокие	Средние
Нормативные барьеры	Высокие	Низкие

Анализ подтверждает, что ключевое преимущество БПЛА — реализация цикла «мониторинг-анализ-действие» в режиме, близком к реальному времени, что позволяет перейти к проактивному управлению посевами и значительной экономии ресурсов.

БПЛА являются не заменой, а интеллектуальным дополнением к традиционной технике. Оптимальная модель — синергия: дроны для диагностики и точечного воздействия, наземная техника для базовых операций. Перспективы массовой интеграции зависят от преодоления системных барьеров через либерализацию законодательства, подготовку кадров и адресную господдержку. Применение БПЛА — устойчивая тенденция, определяющая будущее агротехнологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидоров Д.М. Цифровые технологии в АПК: от экспериментов к массовой практике // Сборник научных трудов РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. — Анализ скорости распространения технологий.
2. Xue, J., & Su, B. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. Journal of Sensors
3. Федеральный закон от 03.07.2016 №291-ФЗ «О внесении изменений в воздушный кодекс Российской Федерации» [Электронный ресурс] URL: <http://www.garant.ru> (дата обращения 28.01.2019).
4. Лященко Ю.В. Правовой аспект использования беспилотных аппаратов в России // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2016. — №12. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 28.01.2019).
5. Использование беспилотных авиационных систем в растениеводстве: метод. рек. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. — 100 с
6. Агротехнологии будущего: как дроны меняют сельское хозяйство [Электронный ресурс] // Рынок АПК. — 2023. — URL: <https://rynkapk.ru> (дата обращения: 25.10.2023).
7. Лунина, Е. С. Беспилотные летательные аппараты в логистике: зарубежный и отечественный опыт / Е. С. Лунина, И. А. Ермаков // Вестник университета. — 2024. — № 5. — С. 68-77. — DOI 10.26425/1816-4277-2024-5-68-77. — EDN RPKFWV
8. KARNEEV SYSTEMS: <https://www.karneev.com> (дата обращения 23 декабря 2024 года).

УДК 711.4

Кийкова Е.Е., Меньшуткина М.Ю.

Научный руководитель: Алейникова Н. В., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ СОВЕТСКОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

Советская жилая застройка представляет собой многоуровневую историко-архитектурную структуру, формировавшуюся на протяжении почти семи десятилетий, в течение которых сменялись парадигмы архитектурного проектирования, градостроительной политики и

идеологических установок. Проблемы адаптации советской городской среды в условиях современного города напрямую связаны с историей и особенностями развития советской архитектуры и градостроительства, которые в значительной мере определяют облик российских и постсоветских городов. В период с 1920-х по 1980-е годы формировались разные типы жилой застройки, и каждая эпоха оставила свои специфические кварталы и ансамбли, которые сегодня требуют переосмысления и модернизации.

Советская застройка 1920–1930-х годов стала временем радикальных экспериментов и поисков новых форм, когда архитектура и градостроительство должны были отвечать на вызовы масштабного жилищного кризиса и одновременно воплощать идеологию молодой советской власти. После революции и гражданской войны остро встала задача обеспечения населения, прежде всего рабочих, дешёвым и массовым жильём, что потребовало выработки новых проектных подходов. На этом фоне в архитектуре сложился целый спектр направлений, от раннего рационализма до конструктивизма и авангарда, каждое из которых предлагало собственное видение организации жилой и общественной среды. Ведущие архитектурные объединения и экспериментальные мастерские (АСНОВА, ОСА, ВХУТЕМАС) активно участвовали в разработке новых градостроительных концепций, что способствовало формированию оригинальных ансамблей.

Хавско-Шаболовский жилмассив — один из ярких примеров такого подхода: проектировался и строился в 1927–1930 гг. в Москве как экспериментальный «образцовый» квартал для рабочих (рис.1). Планировка жилого массива была определена в рамках внутреннего конкурса, который выиграл проект выпускника ВХУТЕМАС Николая Травина. Идея Травина заключалась не только в форме корпусов (угловые Г-образные ряды, размещённые под углом 45° к уличной сетке), но и в «супрематической» системе навигации по кварталу: каждый корпус имел свою цветовую композицию, что помогало ориентироваться и придавало ансамблю полихромную структуру. В 1960–80-е годы квартал подвергся уплотнению: построили типовые панельные дома в границах массива, при этом новые корпуса располагались с учётом градостроительной концепции оригинального проекта. С целью необходимости приведения зданий к современным нормам и повышения их эксплуатационных характеристик в домах 1930-х годов производятся замены деревянных перекрытий на железобетонные, надстраивают технические этажи, пристраивают

лифты, частично демонтируют балконы. В рамках реставрационных работ и капитальных ремонтов отдельным фасадам возвращают красную кирпичную облицовку и белые штукатурные акценты, что восстанавливает первоначальную полихромную и усиливает статус квартала как памятника архитектуры.

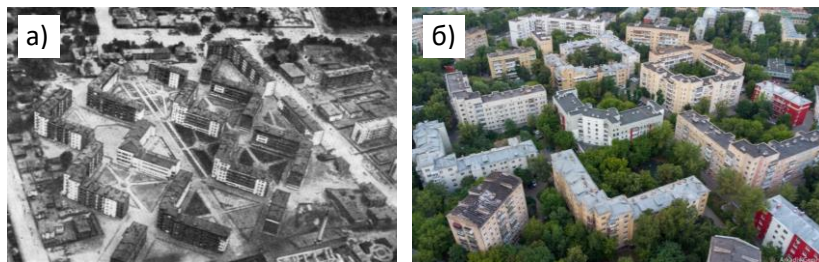


Рис. 1. Хавско-Шаболовский жилмассив в г. Москва,
Архитектор – Николай Травин
а) 1928 г.; б) 2021 г.

Сталинская застройка конца 1930-х – середины 1950-х годов стала одним из самых узнаваемых и символических этапов советской архитектуры. Государство поставило задачу возврата к классическим формам и монументальности, чтобы выразить идеологию силы, порядка и величия социалистического государства. Здания проектировались не как отдельные дома, а как части ансамблей — с широкими проспектами, площадями, скверами и парадными фасадами, обращёнными к главным магистралям. Архитектурный язык сталинского периода формировался под влиянием неоклассицизма, ренессансных и барочных мотивов, иногда с элементами ар-деко. В застройке использовались колоннады, пилястры, массивные карнизы, арки, рустованные цоколи, барельефы с социалистической символикой. Материалы выбирались капитальные — кирпич, камень, мрамор, гранит, что обеспечивало долговечность и монументальный облик. Квартиры имели просторные комнаты и высокие потолки, часто отдельные столовые и гостиные, большие кухни, парадные лестницы, а в некоторых домах — лифты и мусоропроводы. Городская среда формировалась комплексно: помимо жилых зданий проектировались школы, кинотеатры, магазины, дворцы культуры, а дворы обустроивались зелёными скверами и малыми архитектурными формами [1].

Примером сталинской застройки является дом «Аура» — здание, построенное в 1955 году в Санкт-Петербурге (рис.2). Архитектурный

стиль здания — сталинский неоклассицизм, что выражено в рустованном фасаде, арочных оконных проёмах, продуманном декоративном убранстве. Первоначально дом предназначался для работников строительно-трестовой отрасли. Со временем здание утратило часть своих первоначальных характеристик и претерпело естественный износ. В 2021 году здание подверглось капитальному ремонту и реставрации, в ходе которой были реализованы следующие мероприятия: полная замена кровли, восстановление и реставрация исторического фасада, включая рустовку, декоративные карнизы, обрамление окон, обновление инженерных коммуникаций. Проведены перепланировки помещений с учётом современных стандартов жилья. Также введены новые элементы комфорта: закрытый двор, зелёные зоны, прогулочные дорожки, площадки для детей.



Рис. 2. Клубный дом «Аура» в г. Санкт-Петербург,
Архитектор – Виктор Белов
а) 1955 г.; б) 2024 г.

Период с 1956 по 1973 год в советской городской застройке характеризуется массовым домостроением, направленным на ликвидацию жилищного дефицита и повышение уровня благоустройства населения [2]. Решения, принятые после XX съезда КПСС, привели к отказу от архитектурной избыточности сталинского периода. Основу этого вида застройки составили типовые жилые дома, преимущественно пятиэтажные, поскольку надстройка дополнительных этажей требовала наличия лифта, что увеличивало затраты. Конструктивно такие дома выполнялись из сборных железобетонных панелей или крупных блоков, что позволяло значительно ускорить строительство и снизить его стоимость. Планировочная структура квартир была стандартизирована: минимальные площади, совмещённые санузлы, малые кухни площадью 5–6 квадратных метров и низкие потолки высотой около 2,5 метров.

Жильё рассматривалось не как пространство комфорта, а как базовая социальная единица, обеспечивающая физиологические и бытовые потребности человека. Градостроительная организация хрущёвских микрорайонов основывалась на идеях функционального зонирования: жилые массивы строились по единому генеральному плану, включающему школы, детские сады, магазины и зелёные дворы, отделённые от транспортных потоков.

Примером хрущевской застройки является дом, построенный в 1965 году на Химкинском бульваре в Москве (рис.3). К началу 2000-х здание находилось в состоянии физического и морального износа. Автором проекта реконструкции выступил архитектор Алексей Кротов. Его концепция предполагала сохранение несущего остова существующего здания и надстройку дополнительных четырёх этажей, что позволило увеличить общую высоту дома до девяти уровней. Усилены фундаменты и несущие стены, заменены все коммуникации, демонтированы балконы, а фасад получил новое конструктивное и эстетическое решение [3]. Надстроенная часть выполнена из современных облегчённых материалов, что позволило не превышать допустимые нагрузки на основание. После реконструкции число квартир возросло с 100 до 122, а общая жилая площадь увеличилась в 2,2 раза. Квартиры были подвержены перепланировке, появились двухуровневые квартиры на верхних этажах, а площади кухонь и санузлов теперь соответствуют современным требованиям [4].



Рис. 3. Хрущевка на Химкинском бульваре в г. Москва,
Архитектор – Алексей Кротов

а) период реконструкции; б) после реконструкции, 2003 г.

Брежневская застройка, охватывающая период с середины 1960-х до конца 1980-х годов, представляет собой этап развития советского массового домостроения, характеризующийся переходом от минималистичных и временных решений хрущёвской эпохи к более

капитальным, долговечным и комфортабельным формам жилища. В этот период активно развиваются крупнопанельные и блочные технологии, что позволило увеличить этажность зданий до 9–12 уровней и повысить плотность застройки [5]. Внутренние планировки усложняются — увеличиваются площади комнат и кухонь, санузлы чаще выполняются раздельными, вводятся лоджии и встроенные шкафы. В инженерном отношении брежневская застройка представляла собой шаг вперёд по сравнению с предшествующей эпохой: в домах устанавливались лифты и мусоропроводы, улучшались системы отопления, водоснабжения и вентиляции. Однако массовость и стандартизация строительства приводят к однообразию архитектурного облика, дефициту индивидуальности и монотонности городской ткани.

Таким образом, застройка 1920-1980-х годов, являющаяся фундаментом большинства современных городских структур постсоветского пространства, в настоящее время находится в состоянии системного износа и функционального устаревания. Существующие проблемы адаптации советской жилой застройки предполагают комплексное переосмысление микрорайонов с сохранением их пространственной идентичности, улучшением качества среды и интеграцией в новую городскую ткань. Адаптация таких районов невозможна без реорганизации транспортной, социальной и общественной инфраструктуры, перераспределения функций и формирования новых центров притяжения внутри жилых массивов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яρμοш Т. С. Социокультурные принципы проектирования жилой среды / Т. С. Яρμοш, О. В. Михина // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2014. - №5. - С. 254-258.
2. Порожнюк Е.В. Техничко-экономическое обоснование комплексной реконструкции жилого дома с элементами оценки жизненного цикла / Е. В. Порожнюк // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2016. - № 4. - С. 28-31.
3. Родяшина К.Е. Архитектурно-художественные аспекты капитального ремонта жилых домов массовых серий / К. Е. Родяшина // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2016. - №10. - С. 89-94
4. Коренькова Г.В., Митякина Н.А., Белых Т.В., Дорохова Е.И. Зарождение реновационных процессов в жилищной сфере крупных городов России (на примере города Белгорода) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 1. С. 60–69.

5. Мавлюбердинов А. Р. К вопросу решения проблем эксплуатации панельных зданий / А. Р. Мавлюбердинов, Р. Р. Богданов, Л. А. Сулейманова // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2023. - №11. - С. 46-53.

УДК 614.8

Клемешова Ю.С., Авдеев Р.Р.

***Научный руководитель: Ермакова К.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ДЛЯ ОБЩЕСТВА ПРИ ОТСУТСТВИИ БАЗОВЫХ НАВЫКОВ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ У НАСЕЛЕНИЯ

По данным Минздрава РФ и ВОЗ, более 40 % смертей при несчастных случаях и чрезвычайных ситуациях происходит из-за отсутствия элементарной помощи в первые 5–10 минут после инцидента. Первая помощь – это совокупность простейших мероприятий, направленных на сохранение жизни и здоровья человека до прибытия медицинского персонала [1–4]. Несмотря на то, что оказание ПП не требует высокой квалификации, менее 10–15 % взрослого населения России владеют этими навыками на базовом уровне.

Отсутствие навыков оказания первой помощи становится не только медицинской, но и экономической проблемой, так как каждая преждевременная смерть или инвалидизация ведёт к потерям человеческого капитала, снижению производительности труда и росту нагрузки на бюджет здравоохранения и социального обеспечения [1,2].

Человеческий организм имеет критические временные пороги, в течение которых возможно предотвратить гибель тканей и органов при травмах, кровотечениях, утоплении или остановке сердца. Например:

- при остановке дыхания – необратимые изменения мозга наступают через 4–6 минут;
- при массивном кровотечении летальный исход возможен через 3–5 минут;
- при обмороке или шоке – без оказания помощи возможна потеря сознания и вторичные травмы.

Если рядом нет человека, способного оказать базовую помощь, пострадавший часто погибает до приезда скорой помощи (среднее

время прибытия в городах РФ – 10–12 минут, в сельской местности – до 25 минут). Массовая неготовность населения к действиям в критических ситуациях снижает общую медико-биологическую безопасность общества – способность системы сохранять жизнь и здоровье граждан при непредвиденных обстоятельствах [2,5].

Каждая преждевременная смерть трудоспособного гражданина означает потерю вложений государства в его воспитание и образование.

По данным Минобрнауки РФ и Минфина (усреднённые значения 2024 г.):

- средняя стоимость образования и содержания одного гражданина до 22 лет $\approx 3,2$ млн руб.;
- расходы на базовое медицинское обеспечение $\approx 0,8$ млн руб.;
- совокупные вложения государства в формирование специалиста около 4 млн руб.

Если человек погибает в возрасте 30–35 лет, общество теряет не только вложенные средства, но и будущие налоговые поступления. Средняя валовая производительность труда в РФ $\approx 3,5$ млн руб. в год. При ожидаемом трудовом стаже 35 лет потери составляют около 120 млн руб. недополученного ВВП на одного погибшего.

Косвенные потери включают:

- расходы на лечение и реабилитацию (300–800 тыс. руб. на случай);
- рост социальных выплат по инвалидности ($\approx 3,6$ млн руб. на человека);
- снижение производительности труда;
- моральные и социальные издержки.

Базовый курс первой помощи длительностью 8–12 часов стоит для государства около 1 000–1 500 руб. на человека. Если обучить 70 % взрослого населения России (100 млн человек), затраты составят: $100 \text{ млн} \times 1\,500 \text{ руб.} = 150 \text{ млрд руб.}$ Для сравнения: ежегодные экономические потери от травматизма — 1,2–1,5 трлн руб. Таким образом, вложения окупаются менее чем за 2 месяца.

Если массовое обучение позволяет спасти хотя бы 1 из 10 000 пострадавших, при 100 000 смертей от несчастных случаев в год сохраняется 10 000 жизней.

Экономический эквивалент: $10\,000 \times 120 \text{ млн руб.} = 1,2 \text{ трлн руб.}$

Отношение эффекта к затратам: $1,2 \text{ трлн} / 150 \text{ млрд} = 8 : 1$.

Каждый рубль, вложенный в обучение ПП, приносит около 8 руб. экономического возврата.

Таким образом, низкий уровень владения населением навыками первой помощи представляет собой не только медицинскую, но и серьезную социально-экономическую проблему. Преждевременные смерти и инвалидизация, связанные с отсутствием своевременной экстренной помощи, влекут за собой колоссальные экономические потери для государства, связанные с утратой человеческого капитала, сокращением налоговых поступлений и ростом нагрузки на системы здравоохранения и социального обеспечения.

Массовое обучение граждан навыкам первой помощи является экономически обоснованной и стратегически важной мерой. Затраты на обучение относительно невелики по сравнению с предотвращаемыми потерями, а экономический возврат на инвестиции исчисляется многократным преумножением. Внедрение программ обучения первой помощи должно рассматриваться как неотъемлемый элемент стратегии экономической безопасности государства и повышения его общей медико-биологической устойчивости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ермакова, К.В. Статистический анализ результативности тренингов по обучению первой помощи на территории Белгородской области / К.В. Ермакова // Современные технологии в инженерных системах и городском хозяйстве: Сборник материалов Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–22 марта 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 197-201.

2. Городилова, Р.Д. Анализ изменений в порядке оказания первой помощи в связи с вступлением в силу порядка, утвержденного приказом Минздрава России от 3 мая 2024 №220н, и их влияние на процесс обучения оказанию первой помощи / Р.Д. Городилова, Е.В. Семернин, О.А. Водяницкая, К.В. Ермакова // Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Великой Победы, Белгород, 20 января 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 57-60.

3. Приказ Минздрава РФ от 03.05.2024 N 220Н «Об утверждении порядка оказания первой помощи».

4. ФЗ 323 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

5. Матюшина, А.А. Анализ качества обучения работников основам оказания первой помощи / А.А. Матюшина, В.С. Котик // Техносферная безопасность в XXI веке: Научные труды XII Всероссийской научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Иркутск, 01–03 декабря 2022 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2022. – С. 428-430.

УДК 65.015.07

Козлов А.А.

Научный руководитель: Степанова М.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Современные автотранспортные предприятия, осуществляющие техническое обслуживание и ремонт газобаллонных автомобилей, относятся к объектам повышенной пожаровзрывоопасности. Автотранспортные предприятия по обслуживанию газобаллонных автомобилей — это организации, которые занимаются техническим обслуживанием и текущим ремонтом газобаллонного оборудования [1]. Такие предприятия могут быть специализированными или работать на существующих производственных площадях действующего предприятия. Это обусловлено спецификой используемого топлива — сжатого или сжиженного углеводородного газа, обладающего высоким уровнем опасных характеристик. В связи с этим противопожарная защита указанных объектов требует комплексного, системного подхода, основанного на строгом соблюдении нормативных требований и использовании современных технических и организационных решений.

Основным нормативным документом, регламентирующим вопросы пожарной безопасности на автотранспортных предприятиях, обслуживающих газобаллонный транспорт, является Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также СП 155.13130.2014

«Автотранспортные предприятия [2]. Требования пожарной безопасности». Кроме того, на данные объекты распространяются нормы, касающиеся обращения с взрывоопасными веществами и эксплуатации оборудования, работающего под давлением. Деятельность и безопасность предприятий по обслуживанию ГБО регламентируется также техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности колёсных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011), который устанавливает требования к установке газобаллонного оборудования и испытаниям газотопливных систем питания и ГОСТ 31972-2013, который регулирует порядок и процедуры методов контроля установки газобаллонного оборудования на базовые автомобильные транспортные средства[3].

Газовые баллоны, используемые в конструкции ГБА, требуют особого подхода при хранении и обслуживании. Они должны размещаться в изолированных, хорошо проветриваемых помещениях, оснащённых средствами контроля загазованности и системами сигнализации. Важным элементом является предотвращение накопления взрывоопасных смесей за счёт регулярной вентиляции и герметичности соединений[4]. Утечки газа могут привести к взрыву даже при незначительном источнике зажигания, что обуславливает необходимость постоянного технического контроля.

Организация безопасных технологических процессов на автотранспортных предприятиях, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт газобаллонных автомобилей (ГБА), представляет собой одну из ключевых составляющих системы противопожарной защиты. Учитывая высокую степень пожаро- и взрывоопасности газового топлива (природного и сжиженного углеводородного газа), технологические операции на таких объектах должны быть спланированы и реализованы с учётом специфических требований к промышленной и пожарной безопасности.

Все технологические процессы, связанные с обслуживанием газобаллонного оборудования, должны проводиться на специализированных участках или в помещениях, отнесённых к соответствующей категории по взрывопожарной и пожарной опасности. Такие зоны должны быть оборудованы эффективной приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей недопущение накопления взрывоопасных газоздушных смесей. Вентиляционные системы должны функционировать в постоянном режиме и быть защищены от возможного искрообразования, в том числе путём использования взрывозащищённого оборудования[5].

Особое внимание уделяется регламенту проведения работ с газобаллонным оборудованием. Перед началом работ необходимо обеспечить полную герметичность систем подачи газа, а при выявлении утечек — немедленно прекратить работы и принять меры по устранению неисправностей. Работы по техническому обслуживанию и ремонту допускается проводить только после сброса остаточного давления газа из баллонов и отключения всех элементов топливной системы. Использование открытого огня, искрообразующих инструментов и сварочных аппаратов вблизи газонаполненного оборудования категорически запрещено без выполнения дополнительных мер безопасности, включая удаление баллонов, дегазацию и получение соответствующего разрешения.

Для всех категорий работ должны быть разработаны и внедрены технологические карты с пошаговым описанием операций, указанием опасных факторов, применяемых инструментов, средств индивидуальной и коллективной защиты, а также действий в аварийных ситуациях[6]. Обязательным условием является наличие у исполнителей допуска к работам повышенной опасности и прохождение предварительного инструктажа по охране труда и пожарной безопасности.

Неотъемлемым элементом безопасной организации технологических процессов является обеспечение постоянного контроля за уровнем загазованности рабочей зоны. Для этого используются стационарные или переносные газоанализаторы, автоматически активирующие системы оповещения и аварийной вентиляции при достижении предельно допустимых концентраций. Рабочие зоны должны быть оборудованы средствами оперативной связи, системами пожарной сигнализации и доступом к первичным средствам пожаротушения[7].

Также необходимо предусматривать организационные мероприятия, направленные на минимизацию рисков. В частности, должно быть исключено одновременное проведение работ по ремонту газобаллонного оборудования и сварочно-коррозионных операций в пределах одного производственного участка. При необходимости выполнения таких работ они должны проводиться в разное время, с обязательным проветриванием и дополнительными мерами безопасности.

Значительную роль в системе противопожарной безопасности играет обеспечение объекта первичными средствами пожаротушения. На каждом участке, где возможен выход газа или возгорание, должны

быть размещены огнетушители, рассчитанные на тушение пожаров классов В и С (горючие жидкости и газы), а также установки автоматического пожаротушения, предпочтительно аэрозольного или газового типа. Объекты должны быть обеспечены системами оповещения и управления эвакуацией, наружным и внутренним противопожарным водоснабжением.

Контроль за соблюдением противопожарных мер осуществляется в рамках производственного контроля, а также в ходе проверок со стороны органов государственного пожарного надзора. В рамках производственного контроля целесообразно проводить периодическую диагностику герметичности оборудования, испытания систем автоматического пожаротушения и функционирования систем вентиляции[8].

Таким образом, противопожарная защита автотранспортных предприятий, обслуживающих газобаллонные автомобили, требует реализации целого комплекса инженерно-технических, организационных и профилактических мероприятий. Эффективность этих мер в значительной степени зависит от уровня квалификации персонала, технического состояния оборудования, а также от строгости соблюдения требований нормативных документов в области пожарной безопасности. Только при системном подходе возможно обеспечить минимизацию рисков возникновения пожаров и взрывов, а также защиту жизни и здоровья работников и сохранность материальных ценностей предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башкатова Е. И., Здерева Т. А., Стельмаховский Ю. С. Планирование работы автотранспортного предприятия. — М.: Высшая школа, 2008.
2. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
3. Воробьев, С.Н. Системный анализ и управление рисками в предпринимательстве. Учебное пособие / С.Н. Воробьев. - М.: Московский психолого-социальный университет (МПСУ), 2019.- 121 с
4. Рыхтикова, Н.А. Анализ и управление рисками организации. Учебное пособие. Гриф УМО МО РФ / Н.А. Рыхтикова. - М.: Форум, 2018. - 306 с.
5. Латкин М.А., Степанова М.Н., Васюткина Д.И. Оценивание эффективности мероприятий по компенсации потерь в случае аварии на

предприятия // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 130 – 134.

6. Корольченко А.Я., Шевчук А.П., Горшков В.И. Пожаровзрывобезопасность технологических процессов. Концепция разработки стандарта «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования» // Пожаровзрывобезопасность. 1992. - №4. С. 17-19.

7. Золотницкий В.А. Газобаллонный легковой автомобиль. М.: Патриот, 1994. С. 45

УДК 658.58

Кокнов Н.С.

Научный руководитель: Крюков А.В., ст. преп.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ключевым фактором повышения эффективности современного промышленного производства является обеспечение надежности и работоспособности оборудования. Достичь этого позволяет внедрение автоматизированных систем мониторинга и диагностики, которые осуществляют оперативный контроль и прогнозирование отказов. Технологическое оборудование подвержено разнообразным внешним факторам [1], таким как механические, температурные и химические воздействия, а также человеческий фактор, и внутренним – старение материалов и конструктивные особенности. Существующие системы, работающие по принципу порогового контроля, часто фиксируют неисправность слишком поздно, когда оборудование уже требует дорогостоящего ремонта. Поэтому актуальным является переход к методам раннего обнаружения отклонений, использующим статистический анализ данных для выявления начальных стадий деградации.

Таким образом, важной задачей является разработка специального программного обеспечения, выполняющего роль экспертной системы оценки состояния технологического оборудования, которое по комплексу различных признаков позволяло диагностировать состояние

оборудования (исправное, неисправное или нахождение в особом состоянии).

Определимся с методом диагностики для разрабатываемого приложения.

Ключевое достоинство статистических методов – возможность учитывать признаки разной физической природы через безразмерные вероятности их появления. Особое место занимает метод на основе обобщенной формулы Байеса [2]. Несмотря на недостатки, такие как необходимость большого объема предварительных данных и "угнетение" редких диагнозов, при наличии достаточной информации метод Байеса остается одним из наиболее надежных, поскольку позволяет по наблюдению комплекса признаков диагностировать вероятность того или иного диагноза.

Основу байесовского подхода к диагностике составляет вероятностная формула, которая позволяет определить на сколько вероятен диагноз, вызванный данными причинами (признаками). Для одного признака k_j и диагноза q_i формула Байеса имеет вид:

$$P(q_i/k_j) = P(q_i) \frac{P(k_j/q_i)}{P(k_j)}, \quad (1)$$

где $P(q_i)$ – априорная вероятность диагноза; $P(k_j/q_i)$ – правдоподобие, вероятность появления признака k_j при условии, что диагноз q_i истинен; $P(q_i/k_j)$ – вероятность диагноза q_i после того, как стало известно наличие у рассматриваемого объекта признака k_j .

На практике диагностика проводится по комплексу признаков $\mathbf{K} = (k_1, k_2, \dots, k_n)$. В этом случае используется обобщенная формула Байеса [3]:

$$P(q_i/\mathbf{K}) = \frac{P(q_i)P(\mathbf{K}/q_i)}{\sum_{s=1}^{N_x} P(q_s)P(\mathbf{K}/q_s)} \quad (i = 1, 2, \dots, N_x). \quad (2)$$

Решающее правило – правило, в соответствии с которым принимается решение о диагнозе. В методе Байеса объект с комплексом признаков $\mathbf{K}$ относится к диагнозу с наибольшей апостериорной вероятностью:

$$\mathbf{K} \in q_i, \text{ если } P(q_i/\mathbf{K}) > P(q_j/\mathbf{K}) \quad (j = 1, 2, \dots, N_x; i \neq j).$$

Для повышения надежности это правило дополняется пороговым значением: $P(q_i/\mathbf{K}) \geq P_i$, где P_i – заранее выбранный высокий уровень достоверности (например, 0.9). Если ни один диагноз не превышает порог, принимается решение об отказе от распознавания и запросе дополнительной информации.

Для работы метода необходима диагностическая матрица, которая создается на основе статистических данных и содержит априорные вероятности диагнозов и условные вероятности признаков [4].

Диагностическую матрицу в методе Байеса можно представить в виде специальной таблицы (таблица 1).

Таблица 1 Диагностическая матрица

Диагноз D_i	Признак k_j			$P(D_i)$
	k_{11}	...	k_{ni}	
D_1	$P(k_{11}/D_1)$	...	$P(k_{n1}/D_1)$	$P(D_1)$
...	...	...	...	...
D_n	$P(k_{1n}/D_n)$	...	$P(k_{ni}/D_n)$	$P(D_n)$

Важным преимуществом данного метода является возможность обучения – уточнения вероятностей в матрице по мере поступления новых диагностических данных, что повышает точность последующих оценок.

Рассмотрим пример. Пусть на основе статистических данных 1000 подшипников определены априорные вероятности: $P(D_1) = 0,9$ (исправное состояние), $P(D_2) = 0,1$ (неисправное состояние). Рассчитаны условные вероятности признаков для каждого состояния по формуле (1) которые сведены в диагностическую таблицу:

Таблица 2 Рассчитанная диагностическая матрица

Диагноз D_i	Вибрация, м/с ²			Температура, °С			Масло		$P(D_i)$
	k_{11}	k_{12}	k_{13}	k_{21}	k_{22}	k_{23}	k_{31}	k_{32}	
	<12	12...16	>16	<70	70...90	>90	≤ нормы	> нормы	
	$P(k_{11}/D_i)$	$P(k_{12}/D_i)$	$P(k_{13}/D_i)$	$P(k_{21}/D_i)$	$P(k_{22}/D_i)$	$P(k_{23}/D_i)$	$P(k_{31}/D_i)$	$P(k_{32}/D_i)$	
D_1	0,6	0,2	0,2	0,7	0,15	0,15	0,9	0,1	0,9
D_2	0,1	0,1	0,8	0,08	0,07	0,85	0,2	0,8	0,1

Для комплекса признаков **К** (вибрация до 12 м/с², температура 70 - 90 °С, загрязнение выше нормы) по формуле Байеса получены вероятности: $P(D_1/K) \approx 0,9353$; $P(D_2/K) \approx 0,0647$.

Для автоматизации данного процесса расчёта вероятностной диагностики целесообразно разработать автоматизированную экспертную систему, которая способна на основании анализа комплекса

наблюдаемых признаков вычислять вероятности различных технических состояний оборудования.

Такая программа была разработана на языке C++ в среде Visual Studio и предоставляет пользователю гибкий инструмент для работы с техническими системами. Программа позволяет динамически настраивать структуру данных: пользователь может вводить произвольное количество диагнозов, признаков и их состояний в соответствии с требованиями конкретной задачи, что продемонстрировано на рисунке 1. Такой подход обеспечивает универсальность применения системы для различных предметных областей.

Интерфейс обеспечивает надежный ввод данных с автоматической проверкой корректности, включая контроль суммы вероятностей. При ошибках система сохраняет все введенные данные в массивах и позволяет вернуться на предыдущие шаги для исправления без потери информации.

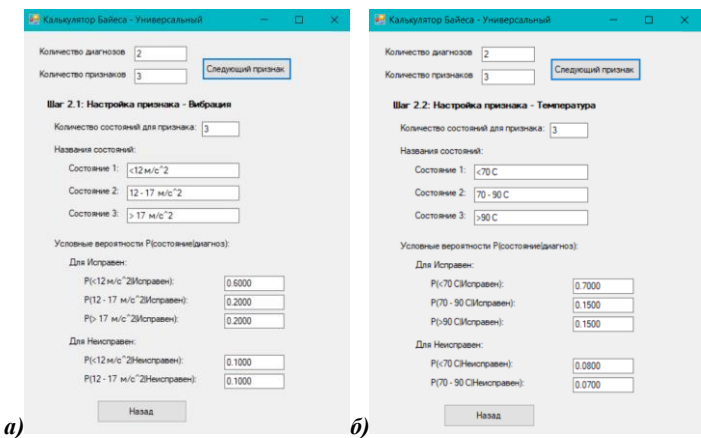


Рис. 1. Интерфейс для ввода условных вероятностей признаков:
а) Настройка признака – вибрация; б) Настройка признака – температура

На завершающем этапе пользователь выбирает наблюдаемые симптомы из заданного набора, после чего программа выдает диагностические заключения на основе построенной вероятностной модели (рис. 2).

Шаг 3: Отметьте наблюдаемые симптомы

Вибрация:

☒ <12 м/с²

☐ 12 - 17 м/с²

☐ >17 м/с²

Температура:

☐ <70 C

☒ 70 - 90 C

☐ >90 C

Масло:

☐ <N

☒ >N

=== РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ===

P(D | данные) = 93,53%

P(D | данные) = 6,47%

Наиболее вероятен: Исправен (93,53%)

Рис. 2. Выбор наблюдаемых симптомов и результат программы

Разработанное программное средство предоставляет функцию уточнения вероятностей после добавления нового объекта диагностики. Для этого пользователь указывает диагноз нового объекта, а также наблюдаемые симптомы. При нажатии кнопки «Рассчитать уточнения» система автоматически вычисляет и обновляет вероятности для указанного комплекса признаков нового объекта. Благодаря этому система позволит не только использовать заранее заложенные правила, но и автоматически обновлять их на основе новых данных и прецедентов.

Применение разработанного программного обеспечения, основанного на строгих математических моделях диагностики, позволит перейти от неэффективных стратегий планового ремонта на предприятии к прогнозному техническому обслуживанию. Это даст возможность существенно сократить незапланированные простои критически важного оборудования, минимизировать эксплуатационные издержки и затраты на восстановительные работы, что в итоге будет способствовать повышению общей надежности.

На основе составленных прогнозов по всему парку оборудования можно предложить оптимальный график ремонта, минимизирующий простой и согласованный с производственным планом. Также такая

программа может применяться в подсистеме управления рисками для оценки финансовых и производственных потерь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлов, А. И. Теория принятия решений : учебное пособие / А. И. Орлов. – 1-е изд. – Москва : Март, 2004. – 656 с.
2. Прохоров, Ю. В. Вероятность и математическая статистика : Энциклопедия / Ю. В. Прохоров. – 1-е изд. – Москва : Большая Российская энциклопедия, 1999. – 910 с.
3. Савчук, В. П. Байесовские методы статистического оценивания: надёжность технических объектов / В. П. Савчук. – 1-е изд. – Москва : Наука, 1989. – 328 с.
4. Крюков, А. В. Разработка программного средства для идентификации параметров объекта управления / А. В. Крюков, М. В. Хрипунов // Наукоемкие технологии и инновации : сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXIII научные чтения). – 2019. – Т. 10. – С. 84–88.

УДК 721.021.23

Колесникова А.С., Старченко К.М.

*Научный руководитель: Наумов А.Е., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АДАПТАЦИИ ПРОСТРАНСТВА

Объектом исследования является имитационное моделирование в строительной сфере. Основной целью работы является изучение использования имитационного моделирования для адаптации пространства при проектировании [1].

Имитационное моделирование в строительстве — это процесс создания виртуальной модели здания или сооружения, который позволяет проводить анализ и оптимизацию процесса строительства [2].

Имитационное моделирование позволяет создать цифровые реплики офисных и коммерческих помещений, что дает возможность

исследовать различные сценарии использования пространства [3]. С помощью таких моделей можно оценить, как изменения в планировке, мебели или даже освещении влияют на продуктивность сотрудников и комфорт клиентов [4]. Кроме того, имитационное моделирование помогает учитывать разнообразные факторы, такие как потоки людей, акустические характеристики и освещение [5]. Это особенно актуально для коммерческих помещений, где правильная организация пространства может увеличить поток клиентов и повысить уровень их удовлетворенности [6].

С помощью моделей можно смоделировать различные сценарии, включая пиковые нагрузки, что позволяет заранее выявить возможные узкие места и адаптировать пространство под реальные условия эксплуатации [1, 5].

Одним из ярких примеров успешного применения этой технологии является проектирование офисов для крупных технологических компаний [3]. В таких офисах имитационное моделирование позволяет исследовать различные сценарии использования пространства, включая изменение конфигурации рабочих мест, зон для совместной работы и отдыха [4].

Другим примером является применение имитационного моделирования в торговых центрах. Здесь важно учитывать не только планировку магазинов, но и движение покупателей [6]. С помощью моделей можно смоделировать различные сценарии поведения клиентов, что позволяет выявить наиболее эффективные расположения магазинов и зон отдыха [5].

Более детально рассмотрим этапы имитационного моделирования на примере офисного помещения площадью 200 м², изначально предназначенного для работы команды из 20 человек [2]. В процессе эксплуатации возникает необходимость адаптировать это помещение для различных функций, таких как коворкинг, пространство для проведения семинаров или зон для отдыха и встреч [3].

Для начала, на первом этапе имитационного моделирования, необходимо собрать данные о текущем использовании пространства, включая информацию о количестве сотрудников, их рабочих процессах и времени, проведенном в офисе [1, 4]. С помощью специализированного программного обеспечения создается цифровая модель помещения, которая учитывает его планировку, расположение мебели и оборудования, а также потоки людей [5]. На первом этапе моделирования исследуются различные варианты перепланировки: изменение расстановки рабочих мест, создание зон для отдыха и

переговоров, а также организация пространства для мероприятий [6]. Это позволяет визуализировать влияние каждой конфигурации на эффективность работы сотрудников и уровень их удовлетворенности [3].

На втором этапе моделирования исследуются различные варианты перепланировки: изменение расстановки рабочих мест, создание зон для отдыха и переговоров, а также организация пространства для проведения мероприятий [1]. Модель позволяет визуализировать влияние каждой из предложенных конфигураций на эффективность работы сотрудников, уровень их удовлетворенности и общую продуктивность [2, 5].

После этого следует третий этап, где проводится анализ сценариев использования помещения [4]. Например, если офис преобразуется в коворкинг, важно оценить, как изменится поток людей в зависимости от времени суток и дней недели [6]. Имитационное моделирование поможет выявить оптимальное распределение рабочих мест и зон общего пользования, чтобы минимизировать время ожидания и повысить комфорт пользователей [3, 5].

В результате проведенного имитационного моделирования можно получить рекомендации по оптимизации использования пространства, которые будут основаны на данных и анализе различных сценариев [1]. Это позволит не только улучшить функциональность помещения, но и повысить общую эффективность работы организации, учитывая потребности сотрудников и пользователей [2].

Таким образом, изучение примеров успешного применения имитационного моделирования демонстрирует его значимость в создании многофункциональных пространств [3, 4, 6]. Эта технология позволяет учитывать разнообразные факторы — от потоков людей до психологического комфорта — и адаптировать пространство под изменяющиеся нужды пользователей [5]. В условиях быстроменяющегося мира такая гибкость становится ключевым элементом успешного проектирования современных офисов, торговых центров, образовательных учреждений и медицинских учреждений [1, 2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федосов С. В. Особенности использования отечественного и зарубежного инструментария имитационного моделирования строительных конструкций / С. В. Федосов, В. Н. Федосеев, И. С. Зайцев

// Строительный материал. — 2023. — № 4(2). — С. 18–31.

2. Ростислав К. В. Имитационная пространственная модель развития российских городов / К. В. Ростислав, Ю. Ю. Пономарев, Д. М. Радченко // Экономическое развитие России. — 2022. — Т. 29, № 5. — С. 45–56.

3. Потапенко А. А. Исследование применения технологий компьютерных игр в городском планировании (симуляторы пространственных моделей) / А. А. Потапенко // Информационные технологии и архитектура. — 2025. — № 3. — С. 22–35.

4. Джамай Е. В. Инструменты имитационного моделирования в управлении развитием промышленного предприятия / Е. В. Джамай, В. Ю. Корчак, А. М. Камбаров // Первый экономический журнал. — 2024. — № 3(345). — С. 49–58.

5. Баркалов С. А. Имитационная модель двухканальной системы массового обслуживания с обменом и повторными заявками / С. А. Баркалов, Е. А. Серебрякова // Прикладная математика и вопросы управления. — 2024. — № 1. — С. 160–172.

6. Зайцева М. В. Методы построения оценок множеств достижимости в задаче моделирования потоков людей / М. В. Зайцева, П. А. Точилин // Журнал вычислительной математики и математической физики. — 2023. — Т. 63, № 8. — С. 1381–1394.

УДК 666.9.019.3

Колесова А.С., Смагина А.Р., Дудина Е.И.

Научный руководитель: Перетоккина Н.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СТАБИЛИЗАЦИЯ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛАХ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ДЕЙСТВИЯ MgO И Y_2O_3

Диоксид циркония (ZrO_2) занимает особое место среди современных огнеупорных материалов благодаря уникальному сочетанию свойств: высокой температурой плавления ($\approx 2690^\circ\text{C}$), химической инертностью в расплавах металлов и шлаков, устойчивостью в окислительных и восстановительных атмосферах. Эти

качества обуславливают его применение в критически важных узлах металлургического оборудования, таких как стаканы-дозаторы промежуточного ковша машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), плиты скользящих затворов и футеровка установок внепечного вакуумирования стали [1].

Однако чистая, нестабилизированная ZrO_2 практически непригодна для изготовления стабильных спеченных изделий из-за явления полиморфизма. При нагреве и охлаждении она претерпевает обратимые мартенситные превращения: моноклинная фаза ($m-ZrO_2$, комнатная температура) $\leftrightarrow$ тетрагональная фаза ($t-ZrO_2$, $\approx 1173^\circ C$) $\leftrightarrow$ кубическая фаза ($c-ZrO_2$, $\approx 2370^\circ C$). Сопровождающий переход тетрагональной фазы в моноклинную при охлаждении объемный эффект (3-5%) приводит к возникновению значительных внутренних напряжений и образованию микротрещин, разрушающих материал. Решением этой проблемы является стабилизация высокотемпературных модификаций (кубической или тетрагональной) при комнатной температуре путем легирования оксидами металлов, такими как MgO и Y_2O_3 . Целью настоящего обзора является сравнительный анализ механизмов действия этих двух широкоиспользуемых стабилизаторов, выявление их преимуществ, недостатков и оптимальных областей применения в огнеупорных материалах [2].

Стабилизация представляет собой процесс образования твердых растворов замещения, при котором катионы стабилизатора (Mg^{2+} , Y^{3+}) занимают позиции ионов циркония (Zr^{4+}) в кристаллической решетке. Электронейтральность решетки при этом поддерживается разными способами, что и определяет специфику механизма стабилизации.

Стабилизация оксидом иттрия (Y_2O_3): При введении Y_2O_3 в решетку ZrO_2 , каждый трехвалентный катион Y^{3+} (ионный радиус $0.96 \text{ \AA}$) замещает четырехвалентный Zr^{4+} (ионный радиус $0.82 \text{ \AA}$). Для компенсации избыточного отрицательного заряда в анионной подрешетке образуются кислородные вакансии.

Образование вакансий способствует ионной проводимости, что важно для применения в электрокерамике, и стабилизирует преимущественно кубическую (FSZ — Fully Stabilized Zirconia) или тетрагональную (TZP — Tetragonal Zirconia Polycrystal) фазы в зависимости от концентрации.

Стабилизация оксидом магния (MgO): Двухвалентный катион Mg^{2+} (ионный радиус $0.72 \text{ \AA}$) также замещает Zr^{4+} . В этом случае для сохранения электронейтральности на каждые два иона Mg^{2+} должна приходиться одна кислородная вакансия. Однако, как показывают

исследования, система $\text{ZrO}_2\text{-MgO}$ склонна к образованию нестехиометричных твердых растворов и более подвержена распаду при длительном высокотемпературном воздействии, чем система с Y_2O_3 . MgO обычно используется для создания частично стабилизированного диоксида циркония (PSZ — Partially Stabilized Zirconia), где в кубической матрице диспергированы метастабильные тетрагональные частицы, способные к упрочняющему фазовому превращению [3].

Эффективность стабилизатора определяется его способностью подавлять разрушительное m-t превращение и поддерживать стабильную микроструктуру в условиях эксплуатации.

Y_2O_3 : Образование кислородных вакансий значительно замедляет кинетику диффузионных процессов, включая фазовые превращения. Это позволяет сохранять метастабильную тетрагональную фазу (TZP) с исключительно мелким зерном (менее 1 мкм). Именно эта мелкозернистая TZP-структура демонстрирует эффект трансформационного упрочнения: под действием напряжений (например, на кончике трещины) тетрагональные частицы переходят в моноклинную фазу, и сопутствующее объемное расширение создает сжимающие напряжения, тормозящие развитие трещины. Для полной стабилизации в кубическую фазу (FSZ) обычно требуется 8-13 мол.% Y_2O_3 , в то время как для получения высокопрочной TZP — 2-4 мол.% (материалы 3Y-TZP).

MgO : Стабилизация оксидом магния менее эффективна в плане удержания тетрагональной фазы. Типичной структурой для MgO-PSZ является кубическая матрица с дисперсными тетрагональными выделениями. Для достижения стабилизации требуются более высокие концентрации стабилизатора (около 10-15 мол.%). Главным недостатком системы $\text{ZrO}_2\text{-MgO}$ является ее склонность к распаду при длительном нахождении в диапазоне температур 1100-1400 °C. Твердый раствор разлагается на обогащенные и обедненные магнием области, что приводит к последующему превращению тетрагональной фазы в моноклинную и охрупчиванию материала — явление, известное как "старение" циркониевой керамики [4].

Таблица -. Сравнительные характеристики стабилизаторов диоксида циркония для огнеупоров

Критерий	Оксид магния (MgO)	Оксид иттрия (Y_2O_3)
Типичная концентрация	10-15 мол. % (частичная стабилизация)	3-5 мол. % (TZP), 8-13 мол. % (FSZ)
Основная фаза	Частично стабилизированная	Тетрагональная (TZP) или полностью

	(PSZ) – кубическая с тетрагональными выделениями	стабилизированная кубическая (FSZ)
Механизм упрочнения	Трансформационное упрочнение дисперсных выделений	Трансформированное упрочнение всей матрицы (для TZP)
Термическая стабильность	Низкая, склонна к распаду при 1100-1400 °С («старение»)	Высокая, стабильна до 1500 °С и выше
Стойкость к шлакам	Умеренная, активное взаимодействие с SiO ₂ , Al ₂ O ₃	Высокая, хорошая устойчивость к основным шлакам
Ключевое преимущество	Более низкая стоимость сырья	Высокая прочность, стабильность, долговечность
Основной недостаток	Низкая стойкость к старению	Высокая стоимость, риск деградации проводимости

Проведенный сравнительный анализ позволяет сделать однозначный вывод о комплексном превосходстве оксида иттрия (Y₂O₃) над оксидом магния (MgO) в качестве стабилизатора диоксида циркония для ответственных огнеупорных применений в металлургии. Ключевые преимущества Y₂O₃ заключаются в его способности стабилизировать высокопрочную мелкозернистую тетрагональную фазу (Y-TZP), обеспечивающую механическое упрочнение за счет трансформационного механизма, а также в существенно более высокой термической стабильности и стойкости к взаимодействию с компонентами шлаков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лемешев Д.О., Лукин Е.С., Макаров Н.А., Попова Н.А. Перспективы создания новых оптически прозрачных материалов на основе оксида иттрия и иттрийалюминиевого граната //Стекло и керамика. 2008. № 4. С. 25–27.
2. Кржижановский, Р.Е. Теплофизические свойства неметаллических материалов (карбиды): справочная книга / Р.Е. Кржижановский, ЗЛО. Штерн. - Л.: Энергия, 1977. - 120 с.
3. Евтушенко Е.И., Перетокина Н.А., Дороганов В.А., Сулейманова Л.А., Сыса О.К., Бедина В.Ю., Миженина О.В. Теплоизоляционные материалы на основе искусственных керамических

вяжущих различного состава// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 149–151.

4. Пивинский Ю.Е., Епифанова Т.Н., Перетокина Н.А. Материалы на основе высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС). Получение и свойства тонкозернистых пенобетонов на основе ВКВС кварцевого песка // Огнеупоры и техническая керамика. № 10. 1998. –С. 6-11.

УДК 658.51

Колесова А.С., Смагина А.Р., Дудина Е.И.

Научный руководитель: Добринская О.А., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В условиях глобальной конкуренции и колебания рыночной конъюнктуры промышленные предприятия, включая производителей огнеупоров, постоянно сталкиваются с задачей снижения издержек для сохранения рентабельности. Традиционные подходы к сокращению затрат зачастую носят разрозненный характер и не обеспечивают долгосрочного эффекта. В этой связи бережливое производство, представляющее собой целостную философию и систему управления, нацеленную на максимальное устранение всех видов потерь, становится ключевым инструментом достижения операционного превосходства [1].

Бережливое производство – это концепция управления, основанная на постоянном стремлении к устранению всех видов потерь и максимальной ориентации на создание ценности для конечного потребителя. Как отмечается в исследованиях, Lean следует рассматривать не просто как набор инструментов, а как комплексную систему, затрагивающую философию, процессы и персонал предприятия.

Изначально разработанная в рамках Производственной системы Тойоты (Toyota Production System), методология бережливого производства идентифицирует восемь основных видов потерь:

1. Перепроизводство – производство продукции сверх потребности или раньше требуемого срока.

2. Излишние запасы – сырья, незавершенного производства или готовой продукции.

3. Лишняя транспортировка – необязательные перемещения материалов.

4. Лишние движения – персонала, не добавляющие ценности продукту.

5. Ожидание – простои оборудования или людей между операциями.

6. Излишняя обработка – операции, не важные для потребителя.

7. Брак и переделки – производство дефектной продукции.

8. Неиспользованный потенциал сотрудников – потеря креативности, идей и мотивации [2].

Ключевые принципы, на которых базируется Lean, включают определение ценности продукта с точки зрения клиента, выявление потока создания ценности и обеспечение его непрерывности, а также постоянное совершенствование (кайдзен). Для реализации этих принципов используется широкий арсенал инструментов: картирование потока создания ценности (Value Stream Mapping), система 5S (организация рабочего места), канбан (вытягивающее планирование), TPM (Всеобщий уход за оборудованием), стандартизированная работа и др [3].

Производство огнеупорных изделий, включающее этапы подготовки сырья, прессования, обжига и механической обработки, содержит значительные резервы для сокращения издержек через устранение потерь.

Таблица - Взаимосвязь видов потерь в производстве огнеупоров и инструментов бережливого производства

Вид потерь	Проявление в производстве огнеупоров	Инструменты Lean для снижения потерь	Эффект для себестоимости
Излишние запасы	Большие складские запасы сырья и готовой продукции	Система «Канбан», вытягивающее производство	Снижение затрат на складирование и замороженные средства
Брак и переделки	Дефекты прессовки,	Стандартизированная работа, метод	Сокращение потерь сырья и

	трещины при сушке и обжиге, отклонения в геометрии	«Пока-ёке» (защита от ошибки), TPM	энергии, повышение выхода готовой продукции
Ожидание	Простои печей обжига из-за несвоевременной подачи сырья, межоперационные пролеживания	Выравнивание производства (Хейдзунка), синхронизация процессов	Повышение фондоотдачи, сокращение цикла производства
Лишняя транспортировка	Неоптимальные маршруты перемещения шихты или изделий между цехами	Анализ и реорганизация потоков (Value Stream Mapping), 5S	Снижение трудозатрат и износа оборудования
Перепроизводство	Выпуск партий изделий без четкого заказа от клиента	Вытягивающая система, точное планирование	Предотвращение создания неликвидов
Неиспользованный потенциал персонала	Отсутствие системных предложений от работников цехов по улучшению технологий	Система подачи и реализации предложений (Кайдзен)	Реализация множества мелких улучшений, снижающих затраты

Как показывает опыт промышленных предприятий, значительный экономический эффект достигается за счет оптимизации затрат на сырье и энергоносители. Например, на ОАО «Искитимцемент» внедрение современной системы дозирования сырьевых компонентов позволило обеспечить более точный ввод добавок и сократить потери материалов. Аналогичный подход применим и в шихтовочном отделении производства огнеупоров для минимизации отклонений в рецептуре и экономии дорогостоящих компонентов [4].

Энергозатраты, в частности на обжиг, составляют одну из largest cost items. Внедрение практик TPM (Total Productive Maintenance) направлено на повышение доступности и эффективности оборудования, включая обжиговые печи. Снижение количества неплановых простоев и аварийных остановок, как следствие, ведет к сокращению потерь тепловой энергии. Кроме того, опыт перехода на оптимизированный режим потребления электроэнергии, как в кейсе «Искитимцемента», где нагрузку сместили на ночные часы, демонстрирует прямую финансовую выгоду.

Использование современных материалов и технологий также является элементом Lean-подхода, так как нацелено на снижение издержек в долгосрочной перспективе. Примером служит переход на использование мелющих тел повышенной твердости, что позволило «Искитимцементу» значительно сократить их удельный расход. В производстве огнеупоров подобные решения могут касаться применения более износостойких видов футеровки или конвейерных лент.

Крайне важным является и повышение гибкости производства. Исследования в области дискретных производств, таких как автомобилестроение и мебельная промышленность, показывают, что использование методов быстрой переналадки (SMED) и клеточного производства позволяет значительно сократить время цикла и объемы незавершенного производства [5]. Эти принципы могут быть адаптированы для линий резки и обработки огнеупорных изделий.

Успех внедрения методологии бережливого производства примерно на 80% определяется не техническими аспектами, а человеческим фактором и готовностью организации к изменениям. Формирование бережливой культуры (Lean Culture) является критически важным условием.

Бережливая культура предполагает вовлечение каждого сотрудника в процесс непрерывного улучшения, когда работники не только выполняют инструкции, но и активно предлагают идеи по устранению потерь на своих участках.

Исследования подтверждают, что компании с развитой Lean-культурой реализуют улучшения более эффективно и демонстрируют более высокие результаты в области устойчивого развития, включая экономическую составляющую.

Для производителей огнеупоров, часто имеющих долгую историю и устоявшиеся традиции, трансформация культуры может быть самым сложным этапом. Она требует последовательной работы со стороны руководства, обучения персонала, формирования системы мотивации и открытой коммуникации. Недооценка этого аспекта является одной из основных причин неудач при внедрении Lean [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вялов, А. В. Бережливое производство: учеб. пособие / А. В. Вялов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. – 100 с.

2. Вумек, Д.П. Бережливое производство: как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Джеймс П. Вумек, Дениэл Т. Джонс; пер. с англ. – 2-к изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 164 с.

3. Ноль дефектов: система ZQC / пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 128 с.

4. Имаи, М. Гемба кайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества / Масааки Имаи; пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 345 с.

5. Производство без потерь для рабочих / пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 152 с.

6. Кижук А.С., Гольцов Ю.А. Анализ технических средств в структуре систем управления и их выбор при проектировании: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 242с.

УДК 621.926

Коннов А.В., Чуриков А.С.

Научный руководитель: Перелыгин Д.Н., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЯНТАРНОГО ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА

Янтарные отходы - это побочные продукты, образующиеся при добыче, очистке и переработке природного янтаря. Янтарные отходы используют для получения янтарного высокодисперсного порошка. Такой порошок находит применение в самых разных отраслях техники и промышленности благодаря комплексу своих уникальных свойств: химической стойкости, диэлектрическим характеристикам, абразивности, биологической активности и способности модифицировать материалы. Основными направлениями его применения являются: химическая промышленность и производство материалов; металлургия и литейное производство; электротехника и электроника; производство абразивов и полировальных средств; сельское хозяйство и биотехнологии; медицина и фармакология; производство строительных материалов [4].

Получение высокодисперсного порошка требует специальных технологий и открывает совершенно новые области применения.

Рассмотрим основные технологические схемы получения янтарного высокодисперсного порошка.

Электрогидравлическое измельчение. Технология электрогидравлического измельчения основывается на использовании энергии ударной волны, возникающей при электрическом разряде в жидкости. Предварительно измельчённые янтарные отходы помещаются в жидкую диэлектрическую среду, где на них воздействуют короткими импульсами тока высокого напряжения. Под действием импульсов в материале возникают электрогидравлические ударные волны и электрические пробой, которые вызывают его интенсивное диспергирование. Процесс протекает при относительно низкой температуре, что позволяет сохранить химическую структуру и ценные природные свойства янтаря. Получаемый янтарный порошок характеризуется высокой степенью дисперсности, а размер его частиц, в зависимости от параметров импульсов и количества циклов обработки, составляет от 50 до 500 нм, что соответствует нано- и субмикронному диапазону.

Гидродинамическое измельчение. Технология получения янтарного высокодисперсного порошка путем гидродинамического измельчения заключается в перемалывании янтарных отходов в водной среде при интенсивном гидродинамическом воздействии. Исходное сырьё загружается в камеру измельчителя, куда подается вода, создается турбулентный поток с высокой скоростью сдвига, в котором частицы янтаря многократно соударяются друг с другом и с элементами мельницы. Этот процесс, часто реализуемый в роторно-пульсационных аппаратах или коллоидных мельницах, позволяет эффективно разрушать материал до тонких фракций. Вода одновременно служит средой для переноса частиц, охлаждает систему, предотвращая перегрев и окисление продукта, и способствует диспергированию, не давая частицам агломерироваться. Получаемая суспензия затем подвергается обезвоживанию и сушке. Размер частиц получаемого таким способом янтарного порошка составляет преимущественно от 1 до 50 мкм, при этом основная фракция может быть целенаправленно настроена в диапазоне 5-20 мкм.

Ультразвуковое измельчение. Технология получения высокодисперсного янтарного порошка с помощью ультразвука основана на процессе ультразвукового диспергирования в жидкой среде. Предварительно измельчённые янтарные отходы помещаются в жидкость-носитель, после чего на смесь воздействуют ультразвуком с помощью ультразвукового излучателя. Ключевым механизмом

разрушения материала является явление кавитации: в жидкости под действием ультразвуковых волн образуются и схлопываются многочисленные пузырьки, создающие локальные ударные нагрузки и гидродинамические микроструи высокой интенсивности. Эти силы эффективно разрыхляют и разрушают янтарь, отделяя от него мелкие частицы. Данная технология является чисто физической и не приводит к химической деградации вещества, что позволяет сохранить природные свойства смолы. Размер частиц получаемого высокодисперсного порошка преимущественно находится в диапазоне от 1 до 50 мкм, а при длительной обработке и оптимизации параметров может быть достигнут субмикронный размер частиц менее 1 мкм.

СВЧ – измельчение. Технология основана не на прямом измельчении, а на контролируемом разрушении структуры материала под воздействием сверхвысокочастотного электромагнитного поля. Измельченные янтарные отходы помещаются в СВЧ-камеру, где подвергаются воздействию микроволнового излучения. Особенностью янтаря как органического диэлектрика является способность его компонентов интенсивно поглощать СВЧ-энергию, что приводит к практически мгновенному и резкому росту температуры внутри объема материала. Это вызывает генерацию значительного внутреннего давления за счет быстрого испарения влаги и летучих соединений, а также теплового расширения. Возникающие механические напряжения превосходят предел прочности янтаря, что инициирует его растрескивание и диспергирование по всему объему. Данный процесс является быстрым и позволяет получать порошок без использования механических измельчителей. Размер частиц получаемого высокодисперсного порошка варьируется в широком диапазоне от 10 до 200 мкм, при этом фракционный состав может регулироваться мощностью и временем СВЧ-воздействия.

Лазерная абляция. Технология получения высокодисперсного янтарного порошка путем лазерной абляции заключается в диспергировании мишени из янтарных отходов сфокусированным излучением импульсного лазера. Процесс, как правило, проводится в контролируемой газовой среде или в жидкости, куда помещается исходное сырьё. При облучении поверхности янтаря короткими лазерными импульсами высокой интенсивности в зоне фокуса происходит практически мгновенное поглощение световой энергии и ее преобразование в тепловую, что приводит к локальному взрывному испарению и выбросу микрообъема вещества с формированием плазменного факела. Быстрое охлаждение и конденсация паров

вещества в окружающей среде приводит к образованию наночастиц. Данный метод обеспечивает высокую чистоту получаемого продукта и позволяет получать порошок с исключительно малым и узким распределением частиц, размер которых преимущественно составляет от 10 до 100 нм.

Термообработка. Технология получения высокодисперсного янтарного порошка путем термообработки основана на контролируемом нагреве сырья в инертной атмосфере или вакууме. Янтарные отходы нагреваются до температуры 350–450 °С, при которой они не плавятся классическим образом, а претерпевают процесс пиролитического разложения и термической деструкции. В ходе этого процесса летучие фракции испаряются, а твердая углеводородная матрица, теряя пластичность и становясь хрупкой, растрескивается на мелкие частицы под воздействием внутренних напряжений. Последующее механическое воздействие, например, легкое истирание или вибрация, легко превращает этот хрупкий продукт в порошок. Размер частиц получаемого порошка является наиболее крупным по сравнению с другими физическими методами и преимущественно составляет от 50 до 500 мкм.

Криогенное измельчение. Технология получения янтарного высокодисперсного порошка путем криогенного измельчения янтарных отходов заключается в следующем. Исходный кусковой янтарь предварительно очищают и дробят на крупные фракции. Затем материал помещают в криогенную мельницу, где его охлаждают до сверхнизких температур, обычно в диапазоне от -196°С до -150°С, с помощью жидкого азота. При таких температурах янтарь становится хрупким и теряет свою эластичность. Охлажденный материал подвергают измельчению до высокодисперсного состояния без спекания или комкования. Криогенное измельчение предотвращает окисление и термическую деградацию термочувствительного янтара, сохраняя его химический состав и биологическую активность. Размер частиц получаемого высокодисперсного порошка составляет преимущественно от 10 до 100 мкм.

В БГТУ им. В.Г. Шухова было проведено измельчение янтарных отходов по следующей технологической схеме (Рис. 1).

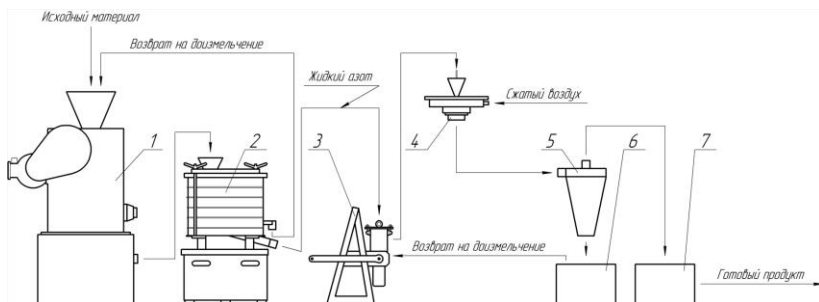


Рис 1. Технологическая схема измельчения янтарных отходов: 1 – щековая дробилка; 2 – вибрационный грохот; 3 – криогенный измельчитель; 4 – струйная мельница; 5 – циклон; 6, 7 – бункер

Исходным материалом для получения высокодисперсного порошка служили янтарные отходы размером 10 - 15 мм. Янтарные отходы были измельчены в щековой дробилке 1 [1]. Раздробленный материал классифицировали при помощи вибрационного грохота 2. Часть материала крупностью более 2,5 мм возвращалась в щековую дробилку для повторного измельчения. Материал менее 2,5 мм обрабатывался жидким азотом и помещался в криогенный измельчитель 3. Из криогенного измельчителя материал поступал в струйную мельницу 4 [2-3]. Затем измельченные янтарные отходы поступали в циклон 5. Более тяжелые и крупные частицы попадали в бункер 6. Материал из бункера 6 направлялся на доизмельчение. Мелкие, легкие частицы крупностью 10 – 100 мкм поступали в бункер 7, предназначенный для сбора готового продукта.

Предложенная и апробированная в БГТУ им. В.Г. Шухова комбинированная схема, включающая дробление, криогенное и струйное измельчение в замкнутом цикле, подтверждает эффективность и практическую реализуемость процессов переработки янтарных отходов. Использование жидкого азота является ключевым фактором, обеспечивающим хрупкость материала и высокое качество конечного продукта.

Таким образом, переработка янтарных отходов в высокодисперсный порошок открывает широкие возможности для их использования в различных отраслях промышленности, способствуя не только решению экологических задач, но и созданию материалов с повышенными функциональными характеристиками. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию параметров процессов и расширение областей применения получаемых продуктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев, Е. Е. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Обогащение полезных ископаемых" направления подготовки "Горное дело" / Е. Е. Андреев, О. Н. Тихонов ; Е. Е. Андреев, О. Н. Тихонов ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высшего проф. образования Санкт-Петербургский гос. горный ин-т им. Г. В. Плеханова (ТУ). – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский гос. горный ин-т им. Г. В. Плеханова, 2007. – 439 с. – ISBN 978-5-94211-308-7. – EDN QMYNBX.

2. В. А. Бауман и др. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. Учебник для вузов. М: Машиностроение, 1975 — 351 с.

3. Патент на полезную модель № 232328 U1 Российская Федерация, МПК В02С 19/06. струйная мельница : заявл. 26.12.2024 : опубл. 07.03.2025 / В. В. Сирота, Д. Н. Перелыгин, В. Н. Нечай ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова". – EDN EWPDJQ.

4. Разработка и исследования энергосберегающего помольного оборудования для высокодисперсного измельчения материалов / В. С. Севостьянов, Д. Н. Перелыгин, В. И. Уральский [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 3. – С. 76-80. – EDN SGFDYD.

УДК 721.021.23

Копочинский В.В., Старченко К.М.

***Научный руководитель: Наумов А.Е., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ЭЛЕМЕНТЫ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЗДАНИЯ

Традиционно в жизненном цикле инвестиционно-строительного проекта выделяют пять основных этапов, каждому из которых присущ свой объем выполняемых задач. На рис.1 отражена последовательность этапов жизненного цикла и задачи, выполняемые на каждом из этапов.



Рис. 1 Этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта

Цифровизация также улучшает процесс строительства. С помощью BIM-модели, смарт-технологий и автоматизации можно контролировать качество выполняемых работ, а также управлять процессом строительства более эффективно. Наконец, цифровизация позволяет улучшить эксплуатацию объектов. На Рис. 2 отражены основные технологии цифровизации строительной отрасли [1].

Основой цифровизации строительной отрасли безусловно являются информационное моделирование зданий (BIM) и цифровые двойники (Digital Twin).

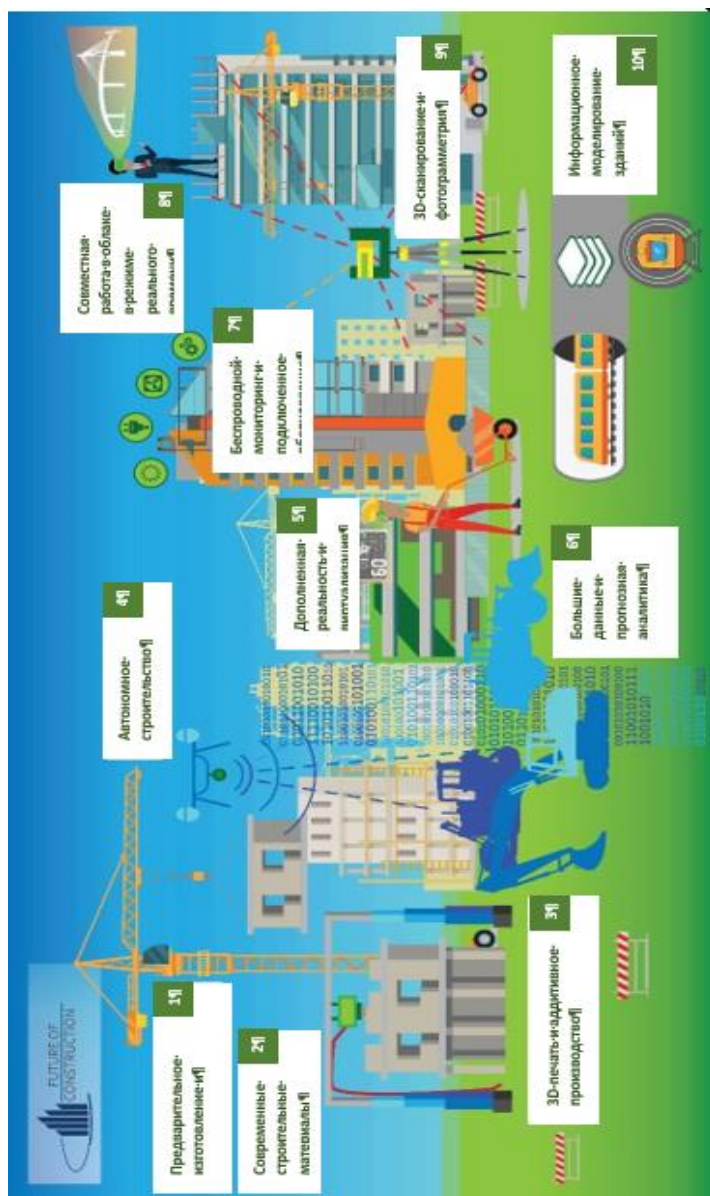


Рис. 2 Технологии цифровизации строительной отрасли

С 1 марта 2022 года согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 05.03.2021г. №331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства» устанавливается обязательное применение BIM-технологий на государственных объектах [2].

Информационное моделирование зданий (BIM) – процесс, заключающийся в целостном и всестороннем создании, редактировании объектно-ориентированной параметрической модели объекта и базы данных на этот объект, его элементы в режиме реального времени [3].

Информационная модель обеспечивает точное планирование и анализ цифрового проекта. Кроме того, она предоставляет статические данные, формирующие основу для операционной эффективности, а также важную информацию, такую как взаимозависимость, взаимодействия, геометрия, отношения атрибутов.

На этапе проектирования ценность информационного моделирования заключается в том, что все задействованные в проектировании стороны работают вместе при помощи использования облачных технологий для хранения и обработки данных. Это позволяет обеспечить доступ к информации о здании из любого места и устройства, а также ее защиту.

На этапе строительства BIM как обособленный инструмент может быть использован в авторском надзоре проектировщика. Поскольку BIM-модель содержит в своём составе всю информацию об объекте, она может быть использована для проверки соответствия выполненных работ проектной документации и в случае отклонения позволит своевременно исправить ошибки и устранить несоответствия. Также с помощью информационного моделирования можно оптимизировать процесс сдачи здания в эксплуатацию, поскольку в модели содержится информация обо всех системах и оборудовании здания [4, 5].

Цифровой двойник представляет собой виртуальную копию реального объекта, в которой содержатся все данные о самом объекте, его элементах и их характеристиках, состоянии и функциональности. В контексте эксплуатации здания цифровой двойник используется для

мониторинга и управления его работой, что позволяет значительно улучшить эффективность и продлить срок службы. Схема работы цифрового двойника здания на этапе его эксплуатации представлена на Рис. 3.



Рис. 3 Схема работы цифрового двойника на этапе эксплуатации объекта

Информационная модель и ее библиотеки содержат до 95 % всей информации, необходимой формирования цифрового двойника и в сочетании с BIM стремится обеспечить экономию средств в процессах планирования и ввода в эксплуатацию.

Преимущества Digital Twin экспоненциально возрастают на этапе эксплуатации здания. Например, с его помощью выявляются проблемные моменты во время эксплуатации, прогнозируются ошибки и аварийных ситуации. Это помогает предпринимать необходимые меры по предотвращению проблем до их возникновения [6, 7].

Также с помощью двойника можно отслеживать температуру, влажность и другие параметры внутри здания, а также работу системы кондиционирования и вентиляции в режиме реального времени. Это позволяет оптимизировать энергопотребление здания, снижать затраты на эксплуатацию и оперативно реагировать на возникающие проблемы и улучшать условия работы инженерного оборудования в здании.

Совмещение цифрового двойника и интернета вещей (IoT) в эксплуатации зданий позволяет создать уникальную систему управления. Цифровой двойник позволяет создавать точную копию реального объекта в виртуальном пространстве, которая может быть использована для онлайн-мониторинга объекта. Система IoT связывает технические устройства, датчики, которые имеют связь с оборудованием в здании с цифровым двойником и передает данные о состоянии объекта в режиме реального времени. Это упрощает процессы технического обслуживания, предотвращает аварийные ситуации и повышает эффективность эксплуатации объекта в целом.

Например, с помощью синергии цифрового двойника и интернета вещей можно контролировать использование ресурсов, а также управлять подачей питания к оборудованию [8].

На завершающем этапе инвестиционно-строительного проекта, в случае если предполагается снос объекта, цифровизация, как и на этапе строительства характеризуется использованием информационной модели здания, которая содержит информацию о его конструкциях, материалах, инженерных системах и оборудовании. Тем самым, это позволяет определить наиболее эффективный и безопасный способ демонтажа элементов, оценить возможные риски и проблемы, которые могут возникнуть в процессе сноса, а также определить оптимальный порядок сноса здания, чтобы минимизировать повреждения окружающей структуры и загрязнения окружающей среды.

Проблемы цифровизации строительной отрасли в данный момент заключаются в отсутствии стандартов и единой методологии внедрения цифровых технологий, отсутствии стандартов для обмена информацией между участниками проекта, а также недостаточном уровне инвестиций частных компаний в цифровизацию связи с невозможностью или нежеланием малыми и средними предприятиями инвестировать из-за дороговизны программных продуктов. Цифровизация также требует изменения строительной культуры и подходов к работе, что может быть сложно для традиционно настроенных компаний и отдельных специалистов [9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новоселова, И.В. Применение BIM-технологий на всех стадиях жизненного цикла строительного проекта / И.В. Новоселова, И.А. Чернявский // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2022. — № 1 (3). — С. 5–16.
2. Шеина, С.Г. Нормативное регулирование и опыт внедрения BIM на различных этапах жизненного цикла объекта строительства в России / С.Г. Шеина, С.Л. Шуйков // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2022. — № 2 (1). — С. 4–11.
3. Зильберова, И.Ю. Перспективы применения BIM-технологий на всех стадиях жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта / И.Ю. Зильберова, И.В. Новоселова, В.Д. Маилян, К.С. Петров, А.Е. Швец // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2023. — № 2 (1). — С.

44–53.

4. Ожгибесова, К.Е. Технологии информационного моделирования (ТИМ) в строительстве РФ: особенности применения на различных стадиях жизненного цикла объекта / К.Е. Ожгибесова, Р.Р. Мингареева, С.Р. Сондуева // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. — 2021. — № 11 (1). — С. 157–159.

5. Чубарова, К.В. Использование BIM-технологий при эксплуатации зданий и сооружений / К.В. Чубарова, Д.М. Тальников // Международная научно-практическая конференция «Строительство и архитектура – 2021». — Ростов-н/Д., 2021. — С. 89–90.

6. Шеина, С.Г. Использование BIM-технологий в управлении строительным объектом / С.Г. Шеина, К.В. Чубарова, М.А. Савин // Международная научно-практическая конференция «Строительство и архитектура – 2022». — Ростов-н/Д., 2021. — С. 127–129.

7. Крюков, К.М. Использование технологии цифровых двойников в строительстве / К.М. Крюков, А.В. Шаповалов // Инженерный вестник Дона. — 2022. — № 5. — Режим доступа: <http://ivdon.ru>

8. Шеина, С.Г. Информационное моделирование на этапе эксплуатации строительного объекта / С.Г. Шеина, А.А. Марценюк // Национальная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы науки и техники. 2019». — Ростов-н/Д., 2019. — С. 339–341.

9. Борисова, Л.А. Проблемы цифровизации строительной отрасли / Л.А. Борисова, М.Х. Абидов // УЭПС : управление, экономика, политика, социология. — 2019. — № 1. — С. 1–6.

УДК 666.198

Костенко С.Е.

Научный руководитель: Онищук В.И., канд. техн. наук, проф.

Консультант: Ивлева И.А., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АПРИОРНАЯ ОЦЕНКА ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ РАСПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШЛАКОВ ОЭМК

Для производства минеральной ваты могут использоваться как натуральные горные породы (базальт, диабаз, доломит, известняк), так и переработанные материалы (металлургические шлаки, отходы керамического производства, стеклобой).

Число месторождений горных пород, которые полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к сырью для производства минеральных волокон по химическому составу [1,2], является весьма ограниченным. Помимо этого, ввиду существенной стоимости природного минерального сырья возникает естественный вопрос поиска альтернативных, более доступных сырьевых материалов. При выборе сырьевых материалов следует учитывать ряд факторов, таких как качество конечного продукта и энергоемкость получения минерального волокна, которые будут определяться в основном природой сырьевых материалов, их минералогическим и химическим составом [3,4].

Одним из таких перспективных сырьевых материалов является шлак, представляющий собой остатки металлургического производства, возникающие при очистке металла от примесей [5]. Основу шлака составляют оксиды кальция, магния, алюминия и кремния. Они являются побочным продуктом на предприятиях черной металлургии и могут быть использованы для частичной замены натурального сырья, что не только снижает расход природных ресурсов, но и позволяет эффективно утилизировать отходы металлургической промышленности снижая нагрузку на окружающую среду. Вместо захоронения и складирования, шлак перерабатывается в полезные строительные материалы, что уменьшает объемы отходов на полигонах и снижает негативное воздействие на экосистему [6]. Помимо этого, за счет меньшей температуры плавления шлака в сравнении с традиционными сырьевыми материалами введение шлака в сырьевую смесь должно привести к снижению затрат энергии на нагрев сырьевых компонентов и как следствие уменьшение выбросов CO_2 .

На основании данных химического состава природных сырьевых материалов и шлака ОЭМК было смоделировано пять рецептов шихты с различным содержанием шлака, которые приведены в таблице 1.

Химический состав и модуль кислотности исследуемых составов шихт приведен в таблице 2.

Таблица 1. Содержание компонентов в шихте, масс. %

Рецепт	Габбро-диабаз	Доломит	Шлак ОЭМК
1	82	18	-
2	81	14	5
3	80	10	10
4	78	4	18
5	77	-	23

Таблица 2. Химический состав смесей

Рецепт	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Мк
1	45,0	12,9	12,1	15,3	10,6	2,3	0,6	1,1	2,24
2	44,9	12,7	12,6	15,6	10,0	2,2	0,5	1,1	2,24
3	44,9	12,5	13,1	16,0	9,5	2,2	0,5	1,0	2,24
4	44,6	12,2	13,9	16,7	8,8	2,1	0,5	1,0	2,22
5	44,5	12,0	14,4	17,0	8,4	2,0	0,4	1,0	2,23

Поскольку при расчете модуля кислотности используются щелочные оксиды, то было принято решение проследить пути кристаллизации в трехкомпонентных диаграммах CaO-Al₂O₃-SiO₂ и MgO-Al₂O₃-SiO₂.

Для более точного построения точек составов на диаграммах состояния был произведен перерасчет состава с учетом эквимольной замены компонентов смесей к трехкомпонентному, результаты которого представлены в таблице 3.

Таблица 3. Химический состав смесей (трехкомпонентный)

Рецепт	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO/MgO
1	49,4	13,1	37,6
2	49,5	13,2	37,3
3	49,6	13,4	37,0
4	49,7	13,6	36,8
5	49,8	13,7	36,5

Состав кристаллических фаз определялся методом рычага, исходя из положения точки исходного состава. В таблице 3,5 приведены рассчитанные составы продуктов полной кристаллизации при полном плавлении смесей и охлаждении со скоростью, отвечающей равновесному состоянию.

В таблице 4,6 приведены результаты расчетов по диаграммам состояния количественного соотношения равновесных фаз, а также температура перехода в расплав (окончание плавления) смесей.

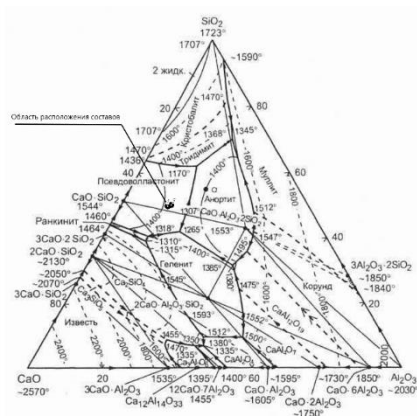


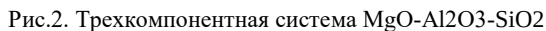
Рис.1. Трехкомпонентная система $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Таблица 3. Состав продуктов полной кристаллизации исходных смесей для системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Рецепт	Состав продукта полной кристаллизации, мас. %		
	CAS ₂	α -CS	α -SiO ₂
1	62,1	35,3	2,6
2	61,4	35,7	2,9
3	60,7	36,2	3,2
4	60	36,6	3,4
5	59,3	37	3,7

Таблица 4. Количественное содержание равновесных фаз при наличии в системе жидкой и твердой фаз для системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Рецепт	Температура конца плавления, °C	Количество расплава, мас. %	Состав продуктов кристаллизации, мас. %	
			CAS ₂	α -CS
1	1380	10	31	59
2	1375	11	31,3	58
3	1370	12	31,5	57
4	1365	13	31,8	56
5	1360	14	32	55



Рецепты	Состав продуктов полной кристаллизации, мас. %		
	M ₂ S	α -CS	M ₂ S
1	36	1	36
2	35,2	2	35,2
3	34,3	3	34,3
4	33,5	4	33,5
5	32,6	5	32,6

Рецепт	Температура конца плавления, °C	Количество расплава, мас. %	Состав продуктов кристаллизации, мас. %	
			M ₂ S	MS
1	1560	65	36	3,3
2	1555	65,8	34	3,4
3	1550	66,7	32	3,5
4	1545	67,5	30	3,6
5	1540	68,3	28	3,7

В ходе априорной оценки фазовых превращений протекающих при получении минеральных расплавов по трехкомпонентным диаграммам состояния можно сделать вывод, что при замещении доломита на шлак ОЭМК увеличивается количество жидкой фазы и снижается температура конца плавления смеси. Данные факторы могут положительно сказаться на энергоемкости процесса плавления шихты и получении более высококачественного волокна, что обязательно должно быть подтверждено путем проведения экспериментальных исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 4640-2011 Межгосударственный стандарт. Вата минеральная. Технические условия.
2. ТУ 07508902-140-94. Сырье из горных пород для производства базальтовых волокон. Технические условия. - Бийск, 1994. - 10с.
3. Онищук В.И., Жерновая Н.Ф., Болгов А.М. Комплексная оценка пригодности сырья для производства минеральной ваты//Техника и технология силикатов. 2010. Том 17. №4. С. 5-10
4. Татаринцева, О. С. Перспективы использования горных пород Северной Осетии в производстве базальтовых волокон / О. С. Татаринцева, Н. Н. Ходакова // Горный журнал. – 2011. – № 7. – С. 74-77. – EDN PBXXED.
5. Джигирис Д. Д., Махова М. Ф. Основы производства базальтовых волокон и изделий. - М.: Теплоэнергетик, 2002. - 416 с.
6. Онищук В.И., Лазарова Ю.С., Евтушенко Е.И. Оценка возможности использования золы Рефтинской ГРЭС в производстве непрерывного стекловолокна//Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. №5. С. 71-81.

*Кравченко Д.С., Белозеров Н.А., Азарков К.В.
Научный руководитель: Дмитриенко В.Г., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ ВАЛКОВОГО ИСПОЛНЕНИЯ

По имеющимся данным, объем добычи руд цветных металлов в России за январь – июнь 2025 года составил приблизительно 19,85 млн т, а объем производства железной руды за январь – июнь 2025 года составил 54,4 млн т [1,2]. Все они подлежат первичной переработке – измельчению до разных фракций.

Для измельчения применяются различные виды дробилок (щekовые, конусные, валковые, дробилки ударного действия) [3-5].

В частности, валковые дробилки применяются для измельчения горных пород рудного (железной руды и руд цветных металлов) и нерудного (мела, мергеля, угля, глинистого сланца, глин) происхождения до мелкой фракции с размером частиц от 1 до 40 мм с пределом прочности на сжатие от 1 до 250 МПа и влажностью до 15 % [4-6]. Одной из проблем измельчения в валковых дробилках является заклинивание валков в следствии попадания недробимого материала и частичное прессование горных пород повышенной влажности, подаваемых на измельчение.

Поэтому конструкциям предохранительным устройствам валковых измельчителей уделяется повышенное внимание.

В общепринятой литературе предохранительные устройства валковых дробилок классифицируются на гидравлические, пневматические, электрические и механического исполнения. В свою очередь предохранительные устройства механического исполнения подразделяются на пружинные, система тяг и пружин, механические муфты [6,7].

В гидропневматических предохранительных устройствах (Рис. 1) [8] при попадании недробимого предмета подвижный валок отходит, перемещая поршни, которые вытесняют жидкость из гидроцилиндров в гидропневматический аккумулятор, заполненный сжатым инертным газом (например, азотом).

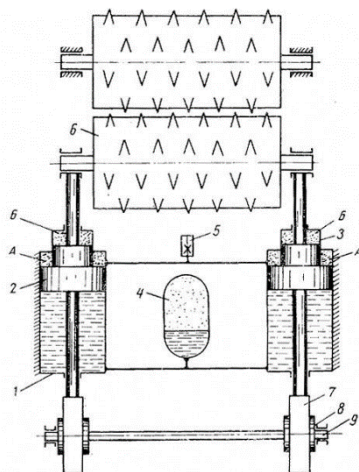


Рис. 1. Гидропневматический амортизатор двухвалковой дробилки:
 1 – гидроцилиндр; 2 – поршень; 3 – крышка; 4 – гидропневматический
 аккумулятор; 5 – дроссельный клапан; 6 – подвижный валок; 7 – зубчатая
 рейка; 8 – зубчатое колесо; 9 – вал

К достоинствам данного устройства относят быстрое срабатывание при попадании недробимого предмета, синхронный отход корпусов подшипников подвижного валка, возможность регулировать размер выходной щели в большом диапазоне, простота конструкции.

К недостаткам относится ложное срабатывание (например, кратковременное увеличение щели в режиме максимальной нагрузки или при работе с прочными породами).

Среди электрических предохранительных устройств выделяют электрические защиты, которые включают предохранители плавкого типа, автоматические выключатели, датчики тока и напряжения, контролирующие работу электродвигателя. При возникновении перегрузки эти устройства автоматически отключают питание.

Достоинствами данных устройств являются возможность повторного включения без замены деталей, высокая скорость реакции.

К недостаткам относят необходимость замены элемента после срабатывания, регулярная проверка исправности и большие габариты некоторых моделей.

Наибольшее распространение среди механических предохранительных муфт получили пружинно-кулачковые, фрикционные и муфты с разрушающимся элементом [9,10].

Пружинно-кулачковая предохранительная муфта (Рис. 2) [9,10] срабатывает, когда сумма осевых составляющих сил на гранях кулачков превышает прижимную силу пружины. Это приводит к отключению ведомого вала и многократному прощелкиванию кулачками, подавая звуковой сигнал о перегрузке.

К достоинствам муфты относится высокая точность срабатывания, полное отключение передачи при срабатывании, автоматическое восстановление соединения, возможность регулировки критического крутящего момента.

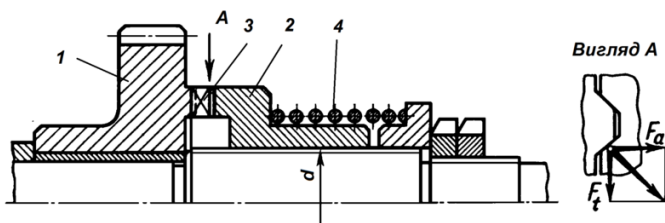


Рис. 2. Пружинно-кулачковая предохранительная муфта:
1 – ведущая полумуфта; 2 – ведомая полумуфта; 3 – зубья; 4 – пружина

К недостаткам относят вероятность ложного срабатывания, ограничения по скоростным характеристикам, износ механизма, невозможность применения в аппаратах при измельчении горных пород с коэффициентом крепости $f = 2$ и выше.

В фрикционной предохранительной муфте (Рис. 3) [10] срабатывает механизм, основанный на проскальзывании фрикционных дисков при превышении установленного крутящего момента.

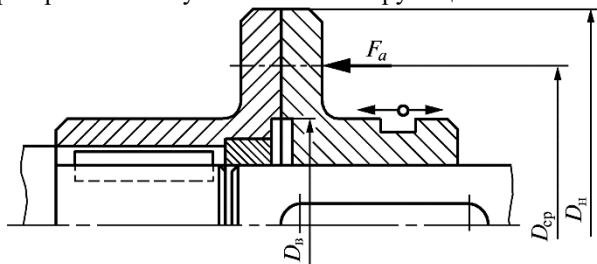


Рис. 3. Фрикционная предохранительная муфта

Достоинствами муфты являются плавное срабатывание, простота конструкции, широкий диапазон рабочих температур, возможность точной регулировки передаваемого крутящего момента.

Недостатками являются износ фрикционных поверхностей, выделение тепла при частом срабатывании или длительном проскальзывании, ограничение точности срабатывания и невозможность применения в аппаратах при измельчении горных пород с коэффициентом крепости $f = 2$ и выше.

В предохранительной муфте с разрушающимся элементом (Рис. 4) [10] механизм срабатывания является срез предохранительного элемента (штифта или шпонки).

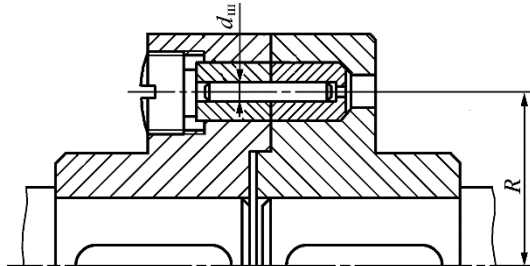


Рис. 4. Предохранительная муфта со срезным элементом

Муфта характеризуется простотой конструкции, малыми размерами, высокой несущей способностью.

Негативными явлениями при эксплуатации являются необходимость остановки дробилки для замены разрушившегося элемента, ограниченная применимость при частых перегрузках, требование к соосности, невозможность применения в аппаратах при измельчении горных пород с коэффициентом крепости $f = 2$ и выше.

При попадании недробимого материала в измельчитель с предохранительным устройством с системой тяг и пружин (Рис. 5) [12], позволяет поворачивать валок вместе с подвижной рамой и закрепленным на ней двигателем относительно оси шарнира, увеличивая расстояние между валками, что позволяет снизить динамические нагрузки и защитить рабочие органы и привод от выхода из строя.

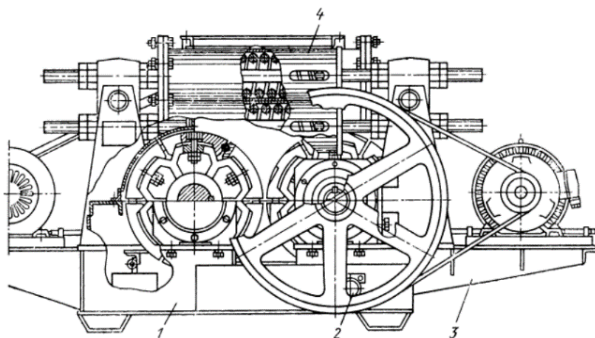


Рис. 5. Валковая дробилка с двумя валками:

1 – корпус; 2 – шарнир; 3 – подвижная рама; 4 – предохранительный механизм

Недостатком является перекося валка и дисбаланс валков.

Наибольшее распространение среди предохранительных устройств механического исполнения (тарельчатые, стальные пружины) получили устройства с подпружиниванием одного (Рис. 6, а) [8] или двух валков (Рис. 6, б) [8] одновременно, что позволяет валкам, отдаляться друг от друга по мере поступления недробимых материалов.

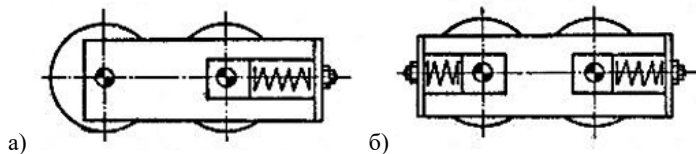


Рис. 6. Пружинное предохранительное устройство:

а – с подпружиниванием одного валка; б – с подпружиниванием двух валков

Пружинные амортизаторы характеризуются простотой конструкции, высокой грузоподъемностью, устойчивостью к воздействию окружающей среды и возможностью измельчать горные породы с коэффициентом крепости $f = 8-20$.

Анализ вышерассмотренных предохранительных устройств говорит о том, что каждое из них имеет свои достоинства и недостатки, но для измельчения горных пород повышенной крепости ($f = 8-20$), по нашему мнению, является предохранительное устройство пружинного типа.

Дальнейшая работа состоит в расчете пружинных амортизаторов, проектировании и подборе привода в измельчителях валкового исполнения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сырьевой сектор. Кризис или возможность? : [сайт]. – URL: <https://www.finam.ru> (дата обращения: 05.10.2025).
2. Выплавка стали в РФ снизилась на 5% в I полугодии 2025: [сайт]. – URL: <https://bcs-express.ru> (дата обращения: 05.10.2025).
3. Физические основы добычи и переработки полезных ископаемых: учеб. пособие / В. Г. Дмитриенко, В. Ю. Доброногова, Д. В. Мулов, П. М. Бакланова. – Белгород. Изд-во БГТУ, Алчевск, 2024. – 124 с.
4. Валковые дробилки – назначение и область применения: [сайт]. – URL: <https://mtspb.com/> (дата обращения: 05.10.2025).
5. Дмитриенко, В. Г. Горные машины и оборудование: лабораторный практикум: учебное пособие / В. Г. Дмитриенко, Н. П. Несмеянов, В. Б. Герасименко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 128 с.
6. Можно ли дробить влажную руду: [сайт]. – URL: <https://inner.su> (дата обращения: 07.10.2025).
7. Дремук В. А. Изучение конструкции валковых дробилок для дробления каменных материалов: Методические указания / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки, 2006. – 36 с.
8. Кондрахин В. П., Букин С. Л., Березин А. А. Анализ конструкций амортизирующих устройств двухвалковых зубчатых дробилок / Материалы Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Обогащение полезных ископаемых Донбасса: взгляд в будущее». – Донецк, ДонНТУ, 25.04.2019. – С. 106-120.
9. Заводяный, А. В. Машины и агрегаты для подготовки шихтовых материалов: учебник для вузов / А. В. Заводяный, А. В. Нефедов, Н. А. Чиченев, И. А. Шур. – Орск: Издательство ОГТИ, 2013. – 157с.
10. Предохранительная муфта – Википедия: [сайт]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 07.10.2025).
11. Таблица типов предохранительных муфт: фрикционные, шариковые, магнитные – диапазоны моментов: [сайт]. – URL: <https://inner.su> (дата обращения: 07.10.2025).
12. Бауман В. А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: В. А. Бауман, Б. В.

Клушанцев, В. Д. Мартынов. – Издательство: Машиностроение, 1981. – 327 с.

УДК 697

Крикунова К.О., Паньков С.Е.

Научный руководитель: Елистратова Ю.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЕЗЗАРАЖИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Безопасность воздушной среды всегда учитывается при проектировании систем вентиляции и кондиционирования медицинских учреждений. Однако, когда проектируемое лечебно-профилактическое учреждение является детским, этот аспект становится первостепенным. Необходимо учитывать не только высокую проходимость поликлиник, но и повышенную восприимчивость детского организма к инфекциям, особенно на фоне несформировавшегося иммунитета. Эти факторы создают благоприятные условия для распространения воздушно-капельных патогенов [5].

Многочисленные испытания [3,6,7] подтверждают эффективность метода обеззараживания воздуха в борьбе с бактериально-грибковой загрязненностью. Несмотря на то, что в зависимости от применения конкретной методики обработки воздуха результаты могут отличаться, исследуемые технологии продемонстрировали статистически значимое снижение микробной обсемененности.

В качестве наглядного показателя результативности был выбран метод, основанный на создании направленного ламинарного потока очищенного воздуха (аппарат «Поток»). На Рис. 1 отражена динамика снижения уровня загрязненности среды (КОЕ/м³) больничной палаты во времени.

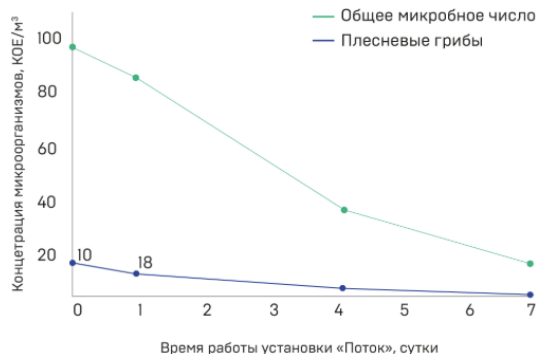


Рис.1 Зависимость концентрации вирусов в воздухе помещения от времени работы установки «Поток»

Полученные НИИ Дезинфектологии данные [6] демонстрируют резкое снижение микробной обсемененности в первые часы работы с последующей стабилизацией на низком уровне. Это доказывает, что технология создает и поддерживает в помещении безопасную среду.

Ключевым аспектом при выборе конкретного оборудования является не только подтвержденная эффективность технологии, но и возможность её интеграции в инженерные системы здания, экономическая целесообразность и соответствие конкретным задачам. В связи с этим целесообразно провести комплексный анализ нескольких технологий, основанных на разных принципах действия, для выявления особенностей их применения.

Для сравнения были выбраны следующие системы:

1. Бактерицидный ультрафиолетовый рециркулятор;
2. Аппарат «Поток»;
3. Канальный УФ-модуль, встраиваемый в приточно-вытяжную вентиляцию;
4. Система НЕРА-фильтрации.

Этот выбор позволяет рассмотреть принципиально разные подходы к организации обеззараживания воздуха в помещениях поликлиники – от локальных до централизованных.

Бактерицидный ультрафиолетовый рециркулятор

Технология обеззараживания заключается в обработке воздуха внутри закрытого корпуса рециркулятора ультрафиолетовыми лампами. Эффективность ограничена зоной установки и не обеспечивает равномерной очистки всего объема помещения, особенно, если оно имеет сложную форму или имеет препятствия.

Чаще всего УФ-рециркуляторы применяются при модернизации уже существующих зданий в кабинетах врачей или административных помещениях, где риски ниже, чем в коридорах. Они решают проблему локального обеззараживания, а не создания полноценной безопасной среды. Их спектр действия часто ограничен местом их установки.

Аппарат «Поток»

Технология обеззараживания заключается создании аппаратом направленного ламинарного потока стерильного воздуха, который, поднимаясь к потолку, вытесняет загрязненный воздух вниз, к воздухозаборникам аппарата, обеспечивая гарантированный воздухообмен во всем объеме помещения. Эффективность работы системы зависит от грамотного аэродинамического расчета. Необходимо определить точку установки и направление струи так, чтобы она не гасилась мебелью, оборудованием или другими воздушными потоками (например, от кондиционера).

Применение «Потока» целесообразно в помещениях с высоким риском распространения инфекций, например, в прививочных кабинетах, процедурных или в зонах повышенного скопления людей: коридоры, ожидания, холлы. Аппарат активно управляет воздушной средой, а значит может эффективно справляться с «застойными зонами», чего не делают «пассивные» рециркуляторы.

Канальный УФ-модуль

Технология обеззараживания заключается в обработке воздуха с помощью ультрафиолетовых ламп, встроенных в воздуховод приточной или рециркуляционной системы вентиляции. Обеспечивает обработку всего воздуха, проходящего через систему и как следствие может «обслуживать» множество помещений.

Особенностью данного метода является то, что установка канального модуля возможна только на этапе проектирования или капитального ремонта.

Система HEPA-фильтрации

Технология обработки воздуха заключается в физическом удержании частиц на фильтрующем материале. HEPA-фильтры (класс H13 и выше) обладают высокой эффективностью: они задерживают 99,95% частиц размером от 0,3 мкм, включая бактерии, вирусы, споры и аллергены. Однако в отличие от вышеописанных методов фильтр не уничтожает микроорганизмы, а накапливает их. Это создает риск вторичного загрязнения при несвоевременной или неправильной замене фильтра.

Результаты сравнительного анализа по ключевым критериям

представлены в Таблице.

Таблица – Сравнительный анализ технологий обеззараживания воздуха

Сравниваемые характеристики	Бактерицидный УФ-рециркулятор	Аппарат «Поток»	Канальный УФ-модуль	Система НЕРА-фильтрации
Технические характеристики				
Основной поражающий фактор	Вирусы, бактерии	Вирусы, бактерии	Вирусы, бактерии, споры	Вирусы, бактерии, споры, аллергены, пыль
Эффективность инаktivации (уничтожения) микроорганизмов, не менее	99%	99%	99%	0%
Зависимость эффективности инаktivации от вида микроорганизмов	Зависит	Нет	Зависит	Инаktivации нет
Место размещения	В помещении	В помещении	В системе воздуховодов	В приточной установке
Сложность монтажа	Низкая	Средняя (электро-подготовки)	Высокая (только на этапе монтажа)	Средняя
Возможность применения на стадии модернизации	Есть	Ограничена (требует расчета струи)	Практически отсутствует	Ограничена (необходим монтаж)
Эксплуатационные характеристики				
Удельное электропотребление на обеззараживание 1000 м ³ воздуха, не более, Вт	100	10	400	0

Необходимость в расходных материалах	Есть (замена бактерицидных УФ-ламп)	Нет	Есть (замена бактерицидных УФ-ламп)	Есть (замена НЕРА-фильтров)
Специальные требования к утилизации	Есть (утилизация отработавших УФ ламп)	Нет	Есть (утилизация отработавших УФ ламп)	Есть (утилизация НЕРА-фильтров)
Экономические показатели				
Стоимость оборудования	Низкая	Высокая	Низкая (в расчете на помещение)	Средняя
Стоимость обслуживания	Низкая (замена ламп 1 раз в 2 года)	По регламенту обслуживания вент. систем	Низкая (замена ламп 1 раз в 2 года)	Высокая (регулярная замена фильтров)

После сравнения ключевых характеристик различного типа оборудования очевидно, что наилучшим решением является централизованная обработка воздуха в сочетании с местными обеззараживателями для усиления контроля в местах повышенного риска. Например, базовый уровень защиты обеспечивается канальным УФ-модулем с НЕРА-фильтрами, а в зонах повышенного риска (коридоры, холлы, процедурные) безопасность обеспечивается локальной установкой, например, аппаратом «Поток».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
2. СанПиН 2.1.3.2630-10. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность.
3. Голубцов А.А Критерии рационального выбора оборудования обеззараживания воздуха в системе стандартов оснащения «чистых

помещений» ЛПУ // А.А. Голубцов / Менеджер здравоохранения, 2012, №10. с. 27-35.

4. Ильина Т.Н. Математическое моделирование распределения вентиляционных воздушных потоков в больничной палате // Т.Н. Ильина, А.Ю. Феоктистов, И.В. Дивиченко, В.И. Дивиченко / Вестник Белгородского Государственного Технологического Университета им. В.Г. Шухова, 2008, №2. с. 31-34.

5. potok. «Поток» в медицине [Электронный ресурс] — URL: <https://potok.com> (дата обращения: 10.10.2025).

6. Загайнова А.В. Оценка эффективности использования УФ-облучателей рециркуляционного типа для обеззараживания воздушной среды в закрытых помещениях // А.В. Загайнов, М.А. Сухина, Т.З. Артемова, Е.К. Гипп, И.В. Курбатова, Т.Н. Максимкина, Н.В. Русаков, С.А. Фролов, В.Н. Кашников, Д.А. Чистякова / Бактериалогия, 2019, том 4, №1, с. 21-27.

УДК 658.5.012.2

Кудрявых А.Д.

Научный руководитель: Черноситова Е.С., канд. техн., наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОСТ Р ИСО 45001-2020 В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

В последние годы приобрели общепризнанную актуальность решение проблем и задач менеджмента качества при предоставлении образовательных услуг [1]. Усиление использование методов и инструментов СМК активно применяется в российских высших учебных заведениях. Многие российские вузы уже внедрили СМК и получили сертификат соответствия стандарту ISO 9001. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова уже частично ввел определенные меры для руководства и управления качеством образовательных программ. В 2021 году университет прошёл партнёрскую проверку качества и вошёл в Ассоциацию бережливых вузов РФ [3].

Разработка, внедрение и непрерывное совершенствование СМК в рамках высшего учёного заведения позволяет повысить качество учебного процесса, уровня подготовки специалистов-выпускников вуза, гарантировать подготовку высококвалифицированных

специалистов [2]. В то же время в серии стандартов ИСО существует такой стандарт, как ГОСТ Р ИСО 45001-2020 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению», регламентирующий обеспечение безопасных условий труда для персонала, предотвращение профзаболеваний и улучшение показателей в области охраны труда [5]. Обычно систему менеджмента ОЗБТ внедряют на предприятиях с высоким уровнем рисков в области безопасности труда и охраны здоровья, такие отрасли, как энергетика, нефтегазовая, химическая, металлургия и др. Университет не относится к опасным организациям, однако профессорско-преподавательский состав, а также студенты часто сталкиваются с профессиональными заболеваниями, связанными с сидячим образом жизни, работой за компьютером, плохим освещением и вентиляцией учебных помещений.

Преподаватели и сотрудники высших учебных заведений проводят свои рабочие будни в основном в сидячем положении за компьютером. Такой образ жизни может привести к заболеванию опорно-двигательного аппарата, зрительной, сердечно-сосудистой систем, ожирением и проблемами с психическим здоровьем. Для снижения риска возникновения данных заболеваний врачи советуют делать перерывы в работе за компьютером, выполнять легкую зарядку и по возможности добавлять активности в рабочем графике. В рамках данной статьи мы рассмотрели возможности интеграции требований стандарта ГОСТ Р ИСО 45001-2020 в деятельность по формированию здорового образа жизни для студентов и сотрудников БГТУ им. В.Г. Шухова.

Некоторые российские вузы на данный момент прошли официальное подтверждение внедрения системы менеджмента ОЗБТ. Такие вузы, как Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Санкт-Петербургский государственный институт и Южно-Уральский государственный университет регулярно проводят мероприятия по повышению уровня профессиональной безопасности сотрудников и студентов, в области ОЗБТ. Данные вузы ввели учебную дисциплину под названием «Безопасность труда». Целью учебного курса является вооружение теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для создания и обеспечения комфортных и безопасных условий трудовой деятельности персонала предприятий и организаций всех форм собственности в соответствии с государственными требованиями по охране труда.

БГТУ им. В.Г. Шухова активно стремится к созданию здоровой атмосфере в вузе. Сотрудники университета сохраняют и развивают

спортивные традиции, укрепляют здоровье студентов и сотрудников вуза. Преподаватели кафедры физического воспитания и спорта стараются приобщить всех к здоровому образу и спортивному стилю жизни. На территории университета находится легкоатлетический стадион, два спортивных зала с разметкой под игры в гандбол, баскетбол и волейбол, зал гиревого спорта, тир, бассейны и др. На кафедре активно проводят студенческие спартакиады и универсиады, марафоны ГТО и эстафеты.

В настоящее время БГТУ им. В.Г. Шухова уже активно проводят политику в области обеспечения безопасности здоровья студентов и профессорско-преподавательского состава. В университете существует отдел охраны труда, регламентирующий формирование в структурных подразделениях вуза здоровых и безопасных условий работы. Также существует департамент комплексной безопасности, предназначенный для комплексного противодействия внешним и внутренним опасностям и угрозам безопасности университета, защиты жизни и здоровья сотрудников, обучающихся и посетителей университета.

В 2019 г. университет выпустил проект «Стратегия Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (2019 – 2030 гг.)». Одним из основных разделов является «Видение Университета», где указано, что БГТУ им. В.Г. Шухова должен быть комфортным вузом с интерактивным современным кампусом, развитой и разветвленной здоровьесберегающей инфраструктурой, обеспечивающий все необходимые условия учебы, работы, проживания и отдыха. Кроме того, в данном проекте упомянуто о цифровизации учебного процесса и введению бережливых технологий в университете.

К тому же БГТУ им. В.Г. Шухова не раз становился победителем всероссийских конкурсов, посвященных формированию здорового и безопасного образа жизни вуза, такие как «ВУЗ-здорового образа жизни», «Здоровый университет», «Российская организация высокой социальной эффективности». Все то показывает, что университет уже формирует стратегии для организации безопасной и здоровой среды.

К уже проведённой политике университета в рамках системы менеджмента ОЗБТ преподавателей и сотрудников высших учебных заведений можно ввести спортивные соревнования. В зимний период это может включать спартакиады по различным видам спорта, такими как волейбол, баскетбол, теннис и др. Данный вид соревнований позволит всем сотрудникам университета отвлечься от рабочих будней, расслабиться и пообщаться с коллегами. Также спартакиады можно устраивать в рамках «Преподаватели против студентов». Такие

мероприятия смогут показать, что спорт объединяет разные поколения, развит легкость и организованность команд, а также позволить повысить коммуникацию между студентами и преподавателями.

В летние сезоны на стадионе и прилегающей территории университета можно проводить эстафетный бег. Данные забеги позволят развить командный дух. Эмоциональный подъём и чувство ответственности за успех команды помогут сотрудникам вузов мобилизовать все свои возможности для достижения победы, что может отразиться не только на соревнованиях, но и в процессе работы.

В университете можно проводить марафоны (корпоративные дни сдачи) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО) [4]. Сдача и получения значка ГТО даст определенные плюсы для сотрудников и преподавателей вузов. Такие марафоны позволят проверить физическую форму, мотивировать заниматься спортом, получить материальную премию или нематериальную награду, получить скидки в фитнес-клубах и налоговые вычеты. Высшее учебное заведение, где сотрудники массово сдают ГТО, выглядят как прогрессивные и социально ориентированные, что хорошо для HR-бренда.

Разумеется, участие во всех этих соревнованиях невозможно без минимальной подготовки. На базе университета можно устроить тренировочные занятия для сотрудников вуза. Следует ввести тренировки, направленные на развитие аэробных, силовых качеств, гибкости и релаксации. К ним будет относиться плавание, скандинавская ходьба, езда на велосипеде, ходьба на лыжах. Также на территории университета можно открыть тренажерный зал, для развития силы и силовой выносливости. Снятие психоэмоционального напряжения возможны при введении курса йоги. Духовные и физические практики помогут развить гибкость тела, эластичность мышц, предотвратят болезни опорно-двигательного аппарата, снизить риск возникновения болезней сердечно-сосудистой системы и повысить стрессоустойчивость. Кроме того, возможно проведение легкоатлетических тренировок. Бег на длинные или короткие дистанции даст возможность восстановлению психологического состояния человека, развить выносливость и силу опорно-двигательного аппарата. Вдобавок они дадут шанс подготовиться к марафонскому и полумарафонскому бегу.

Участие в спортивных мероприятиях обязательно должны поощряться. В вузе можно ввести спортивную премию, также сотрудникам-спортсменам добавить дополнительные дни отпуска или

выходных. В качестве приза спортивных мероприятий вуза можно использовать сертификаты в спортивные центры, тренажерные залы, альпклубы, спортивные магазины. Возможно развивать и культурный отдых сотрудников университета, используя в качестве приза билеты в театр, оперу или балет.

В рамках спортивных мероприятий вуза должна быть разработана брендированная продукция – футболки, шарфы, сумки, спортивные коврики или бутылки для воды. Она должна быть доступна всем сотрудникам университета, можно ее использовать как один из призов победителям соревнований. Брендированная продукция будет работать, как ненавязчивая реклама. Она сможет укрепить имидж и узнаваемость вуза, сформирует его корпоративную идентичность, повысит узнаваемость и интерес среди людей.

Физкультурно-массовые мероприятия в вузе играют важную роль в организации здорового образа жизни студентов и сотрудников. Они способствуют не только физическому развитию, но и укреплению командного духа, формированию активной жизненной позиции. Регулярное проведение таких мероприятий поможет создать благоприятную среду для занятий спортом и физической культурой в вузе.

Системы менеджмента ОЗБТ также актуальна для высших учебных заведений, как и СМК. Данная система будет играть ключевую роль в создании благоприятного социального климата и психоэмоционального состояния. Популяризация спорта сможет стать эффективным инструментом для организации внеучебной деятельности и стать важным примером для студентов, способствуя их вовлечению в физкультурно-спортивную сферу. Таким образом, система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья является неотъемлемой и значимой составляющей жизни вуза, оказывая положительное влияние на все аспекты образовательного процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудрявых А.Д. Применение системы 5S в организации тренировочной среды легкоатлетов БГТУ им. В.Г. Шухова /А.Д. Кудрявых // Сборник докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Сборник докладов конференции. Белгород, 2025. С. 100-104.
2. Кудрявых А.Д. Разработка навигационных систем на кафедре физического воспитания и спорта / Сборник докладов Международной

научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Сборник докладов конференции. Белгород, 2025. С. 95-99.

3. Резниченко С.В., Черноситова Е.С., Самородский Р.Ю., Несмеян А.А. Бережливое управление в вузе: анализ видов потерь / С.В. Резниченко, Е.С. Черноситова, Р.Ю. Смородский, А.А. Несмеян // В сборнике: Актуальные проблемы менеджмента качества, стандартизации и метрологии. сборник докладов VIII Всероссийской научно-практической Интернет-конференции. Белгород, 2021. С. 168-174.

4. Сопина Д.С., Шепляков А.С. Основные аспекты подготовки к сдаче всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» /Д.С. Сопина, А.С. Шепляков // в сборнике: Современное состояние и тенденции развития физической культуры и спорта. сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции. Белгород, 2024. С. 133-136.

5. Фадеева А.А. Система менеджмента охраны здоровья и безопасности труда ISO 45001 /А.А. Фадеева // сборник статей международной научно-практической конференции. Уфа, 2021. С. 36-41.

УДК 666.94

Кужелева А.А., Литвинова Ю.И.

Научный руководитель: Морозова И.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ БОРОГИПСА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА

В современном строительстве цемент является одним из наиболее востребованных материалов. Его прочность, долговечность и универсальность делают его незаменимым компонентом при возведении зданий и сооружений различного назначения. Однако, производство цемента – энергозатратный и экологически небезупречный процесс. В связи с этим, поиск путей повышения эффективности и экологичности производства цемента является актуальной задачей. Одним из перспективных направлений является использование борогипса в качестве добавки, регулирующей сроки схватывания цемента [1].

Борогипс, являющийся гипсосодержащим отходом борообогащения, представляет собой побочный продукт горнодобывающей промышленности, а именно, процесса обогащения борных руд. Также борогипс – побочный продукт при производстве борной кислоты и буры. Он содержит значительное количество гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), а также примеси, такие как оксиды железа, кремнезема и другие минеральные компоненты. Благодаря своему химическому составу, борогипс может быть использован в качестве добавки при производстве цемента, как регулятор сроков схватывания цементного теста [2].

Использование борогипса в производстве цемента имеет ряд преимуществ. Во-первых, это позволяет утилизировать отходы горнодобывающей промышленности, снижая нагрузку на окружающую среду. Во-вторых, добавление борогипса может улучшить свойства цемента, такие как прочность и водостойкость. В-третьих, использование борогипса может снизить себестоимость производства цемента за счет замены более дорогого природного гипса [3].

Несмотря на преимущества, применение борогипса в производстве цемента требует тщательного изучения его влияния на качество конечного продукта. Необходимо учитывать состав борогипса, содержание примесей и их влияние на гидратацию цемента. Также важно оптимизировать технологический процесс производства цемента с использованием борогипса для достижения оптимальных результатов [4].

Исследования в этой области позволяют расширить применение борогипса и сделать производство цемента более эффективным и экологически чистым. Именно с этим и связана цель данной работы.

Для проведения исследований в работе использовались следующие материалы: клинкер ЗАО «Белгородский цемент» (табл. 1, 2), природный гипс ООО «КНАУФ ГИПС Новомосковск» (табл. 3), борогипс АО «Авиабор» (табл. 4).

Таблица 1 – химический состав и модульные характеристики клинкера, %

SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	n	p	КН
21,48	5,30	67,20	4,20	0,30	2,26	1,26	0,95

Таблица 2 – минералогический состав клинкера, %

C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	Сумма
65,32	9,79	9,55	12,77	97,43

Таблица 3 – химический состав природного гипса, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	ППП
1,12	0,32	30,7	0,12	2,85	42,39	22,1

Таблица 4 – химический состав борогипса, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃
29,90	0,44	32,77	1,82	0,17	34,52

В ходе исследовательской работы были разработаны цементные смеси, отличающиеся варьируемым содержанием природного гипса и борогипса, при этом концентрация SO₃ в итоговом продукте оставалась неизменной.

Полученные цементы синтезировались путем совместного измельчения клинкера и гипсовых добавок в лабораторной шаровой мельнице до достижения удельной поверхности 300±10 м²/кг.

Анализ сроков схватывания цементного теста (в малых образцах), результаты которого представлены на рис. 1, выявил существенное влияние типа гипса на кинетику процесса. В частности, частичная замена природного гипса на борогипс привела к увеличению времени начала схватывания и сокращению времени конца схватывания, по сравнению с контрольным образцом, содержащим только природный гипс. В то же время, при полной замене, сроки схватывания практически не отличаются от контрольных.

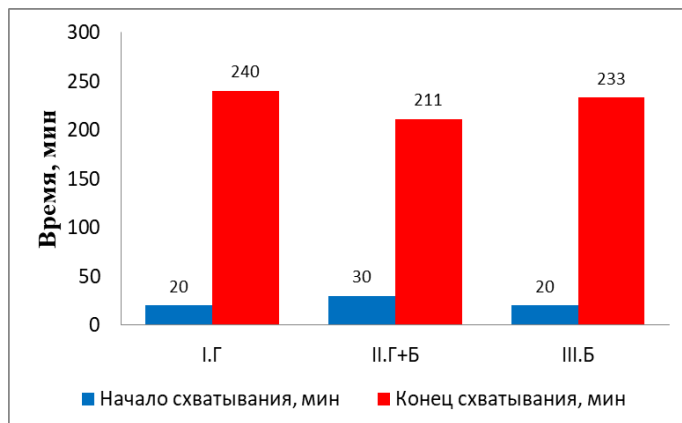


Рис.1 Влияние борогипса на сроки схватывания цементного теста

На следующей стадии работы было изучено воздействие борогипса на параметры прочности цемента (в малых образцах).

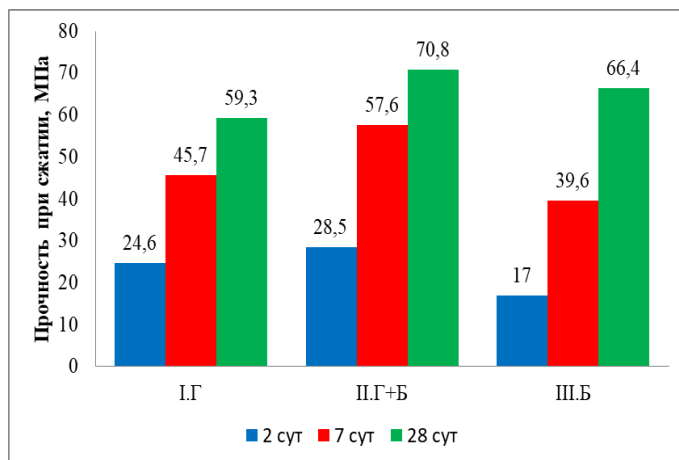


Рис.2 Влияние борогипса на прочность цемента

Анализ данных, представленных на рис. 2, демонстрирует, что применение борогипса способствует росту прочности цементного камня к 28 суткам гидратации. Оптимальные показатели зафиксированы для цемента с частичной заменой природного гипса борогипсом (II.Г+Б): его характеристики прочности превосходят аналогичные показатели цемента с природным гипсом (I.Г) на протяжении всего периода твердения.

Следовательно, проведенные экспериментальные исследования подтвердили перспективность использования борогипса как компонента при изготовлении цементных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М. Цементы. Производство, свойства, применение / Ю.М. Баженов. – М.: Стройиздат, 2003. – 608 с.
2. Башкатов Н.Н. Минеральные воздушные вяжущие вещества : учеб. пособие / Н.Н. Башкатов.— Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018.— 148 с.
3. Алфимова Н.И. Обзорный анализ способов получения вяжущих из гипсодержащих отходов промышленных производств / Н.И. Алфимова [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2020. –

№11. – С. 8-23.

4. Агеева М.С. К вопросу использования промышленных отходов в производстве вяжущих веществ / М.С. Агеева, С.М. Шаповалов, А.Н. Боцман, А.В. Ищенко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – №9 – С. 58-62.

УДК 621.9.025

Курганский Д.А., Горохов П.С.

Научный руководитель: Шрубченко И.В., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ

Современный уровень развития промышленности характеризуется высоким спросом на эффективность, качество и конкуренцию. Процессы производства требуют постоянного совершенствования для достижения оптимальных условий функционирования, снижения издержек и повышения надежности продукции. Основным драйвер таких изменений — это автоматизация и оптимизация технологических процессов с использованием современных технологий и методов управления. На сегодняшний день автоматизация производственных систем стала ключевым фактором роста эффективности, а внедрение инновационных технологий — залог успеха в условиях глобальной экономики. В данной статье рассмотрены основные направления средств автоматизации и оптимизации технологий и процессов, современные методы и решения, а также перспективы их развития. Рассматриваются практические аспекты автоматизации технологических процессов и ее влияние на научно-технический прогресс. Описываются ключевые преимущества автоматизации, включая увеличение объемов производства, повышение качества продукции и снижение затрат. Особое внимание уделяется созданию эффективной системы контроля и интеграции, позволяющей избежать негативных последствий и обеспечить устойчивое развитие предприятия.

Общие концепции автоматизации и оптимизации производственных процессов. Автоматизация — это комплекс технических и информационных средств, направленных на снижение

участия человека в управлении технологическими процессами за счет введения автоматических систем, сенсорных сетей, роботизированных комплексов. Оптимизация — это применение методов математического моделирования, анализа и управления для улучшения эффективности процессов, минимизации затрат, повышения качества продукции. Объединение этих двух подходов позволяет создавать гибкие, высокоэффективные производственные системы, способные быстро реагировать на изменение условий и требований рынка.

Цели автоматизации и оптимизации

- Повышение производительности и скорости производства;
- Улучшение качества и однородности продукции;
- Снижение себестоимости;
- Повышение безопасности и экологической ответственности;
- Обеспечение гибкости и адаптивности производственных линий.

Для повышения эффективности и безопасности производства используются. Автоматизированные Системы Управления Технологическими Процессами (АСУТП). АСУТП – это комплексное решение, включающее программное обеспечение и технические средства, предназначенное для автоматизации управления технологическим оборудованием. Целью АСУТП является автоматизация ключевых технологических операций, либо всего производственного процесса, либо его отдельного участка, выпускающего заверченный продукт. В состав АСУТП могут входить отдельные системы автоматического управления (САУ) и автоматизированные устройства, объединенные в единую систему. Обычно АСУТП включает в себя единую систему операторского управления с одним или несколькими пультами, средства для обработки и архивирования данных, а также стандартные компоненты автоматики: датчики, контроллеры и исполнительные устройства. Для связи между всеми подсистемами используются промышленные сети. Внедрение АСУТП требует значительных инвестиций и времени, поэтому предприятия часто выбирают частичную автоматизацию, автоматизируя отдельные единицы оборудования или производственные операции. Частичная автоматизация особенно актуальна для модернизации существующего оборудования, когда необходимо упростить управление или повысить безопасность труда. Полная автоматизация, при которой все функции передаются техническим средствам под контролем человека, в настоящее время применяется относительно редко.

Современные технологии автоматизации производственных процессов. Промышленный IoT предоставляет возможность подключения оборудования, устройств и систем обмениваться данными в реальном времени. Это позволяет автоматизировать сбор информации, проводить анализ и принимать управленческие решения на основе данных, что значительно повышает эффективность и позволяет предиктивное обслуживание.[4] Роботы и автоматические системы занимают важное место в производстве — от сборочных линий до сложных технологических процессов. Использование промышленных роботов, автономных транспортных средств и систем автоматического контроля обеспечивает высокую точность, повторяемость и безопасность. Создание виртуальных моделей производственных систем позволяет моделировать работу оборудования, предсказывать последствия изменений, оптимизировать настройки, избегая затрат на экспериментальные тесты и простоя. AI и ML используются для обработки больших данных, выявления закономерностей, выявления узких мест и автоматической настройки оборудования. Эти технологии способствуют предиктивному техническому обслуживанию, автоматическому контролю качества и оптимизации производственных расписаний.

Методы и системы оптимизации технологических процессов

Использование методов линейного и нелинейного программирования, методов динамического программирования, генетических алгоритмов, методов имитации отжига позволяет находить оптимальные параметры технологических процессов. Широкое распространение получили методы статистического контроля и анализа для выявления отклонений и обеспечения стабильности процессов: контрольные карты, методы Шухарта и другие. Применение систем искусственного интеллекта помогает автоматизировать принятие решений, основанных на анализе данных, и адаптировать процессы к меняющимся условиям в режиме реального времени. Применение систем MES (Manufacturing Execution Systems) обеспечивает интеграцию планирования, учета и контроля выполнения технологических операций, что повышает гибкость и адаптивность производства.

Инновационные подходы и перспективы развития. Концепция Индустрии 4.0 предполагает полную цифровизацию производства, интеграцию автоматизированных систем, робототехники, IoT и искусственного интеллекта для формирования умных производственных систем. Автоматизация повышает

производительность, но вызывает вопросы о сохранении рабочих мест и необходимости переквалификации персонала.[1] Важно развивать системы совместной работы человека и робота, а также обучение сотрудников новым компетенциям. Современные автоматизированные системы позволяют оптимизировать энергопотребление и снизить экологический след производства, внося вклад в устойчивое развитие.

Практические примеры и перспективы внедрения. Внедрение линий с роботизированной сборкой, системами контроля качества на базе машинного зрения и AI позволяет добиться высокой точности и стабильности продукции. Использование автоматизированных линий, систем предиктивного обслуживания и виртуальных моделей повышают эффективность и качество. Интеграция систем CAD/CAM с автоматическим управлением производственными линиями позволяет ускорить проектирование и выпуск продукции.

Автоматизация технологических процессов производства (АТПП) позволяет значительно повысить эффективность производства за счет: ускорения производственного цикла, снижения затрат на оплату труда и сырье, обеспечения безопасности работников в опасных условиях, оперативного решения сложных технических задач, увеличения объемов выпускаемой продукции, расширения номенклатуры и оптимизации производственных процессов.

Существует шесть направлений АТПП. Их различают по типу используемого оборудования.

НС - это машины с числовым управлением (Numerical Control – числовой контроль) – станки, запрограммированные на определенные действия. Технологический процесс полностью контролируется электроникой. Оператор станка устанавливает, настраивает, проверяет оборудование, размещает и снимает заготовки. Пример NC-автоматизации – фрезерный станок с ЧПУ.



Рис. 1 - Фрезерный станок с ЧПУ

Гибкие производственные системы (Flexible Manufacturing System) совершают полный производственный цикл, подстраиваясь под условия среды. Необходимы предприятию, работу которого нельзя останавливать даже при аварии. При использовании FMS применяют разные методы – например, меняют порядок выполнения операций или упрощают технологические процессы.[2]

Computer Integrated Manufacturing (дословно – «компьютер, интегрированный в производство») контролирует производственный комплекс через единый интерфейс.

Часть функций CIM:

- управление цехами, участками, отделами;
- подготовка к производству продукции;
- управление складами и логистикой;
- контроль системы сбыта;
- финансовое управление.

Компьютерное интегрирование охватывает весь спектр задач по производству продукта. CIM ускоряет технологические процессы, снижает вероятность сбоев и ошибок из-за человеческого фактора.

Выделяют четыре уровня автоматизации производства:

Нулевой: Полностью ручное производство. Редкость.

Частичный: Автоматизация отдельных операций или оборудования (например, станки с ЧПУ).

Комплексный: Автоматизация участка, цеха или линии с автономной работой и контролем со стороны человека.

Полный: Автоматизация всего цикла, от проектирования до контроля качества. Редко встречается на практике. Чаще используются частичная и комплексная автоматизация.[3]

Ассортимент оборудования, инструментов и программ для АТПП огромен. Ниже рассмотрим три категории.

Программно-аппаратный комплекс (ПАК) представляет собой интегрированное решение, состоящее из аппаратных средств (вычислительные устройства, датчики и т.д.) и специализированного программного обеспечения, предназначенного для выполнения определенного набора задач. Аппаратная платформа обеспечивает сбор, первичную обработку и передачу данных, в то время как программное обеспечение осуществляет их углубленный анализ, интерпретацию и управление. Ключевые характеристики ПАК включают удобный веб-интерфейс администрирования, упрощенную процедуру развертывания, высокую отказоустойчивость и возможность централизованного управления функциональностью. Типичные

примеры ПАК: системы видеонаблюдения, комплексы медицинской диагностики и системы управления потоком клиентов.

Автоматизированные производственные линии применяются в серийном производстве для поэтапной обработки изделий. Линия состоит из последовательности рабочих станций, каждая из которых выполняет определенную операцию. Классификация линий осуществляется по способу транспортировки заготовок (сквозной, боковой, комбинированный) и типу связи между элементами (жесткая, гибкая). Автоматизированные линии широко востребованы в металлургической и машиностроительной промышленности. Примером может служить автоматизированный участок сварки автомобильных колес, включающий операции сварки диска с ободом, очистки сварного шва, пробивки отверстия под ниппель и удаления заусенцев, выполняемые с использованием сварочного, токарного и шлифовального оборудования.

SCADA - программный пакет для сбора, обработки, отображения, хранения информации об объекте мониторинга. Им дополняют, например, системы экологического контроля, автоматизации зданий или АСКУЭ (коммерческий учет электроэнергии).

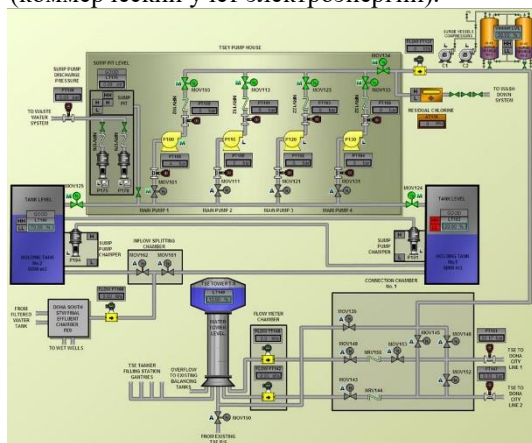


Рис. 2 - SCADA

SCADA-система предоставляет следующие возможности:

Осуществляет сбор данных с контроллеров и датчиков промышленного оборудования и передачу управляющих команд.

Генерирует отчеты, отражающие состояние и ход производственных процессов.

Обеспечивает хранение и управление технологическими данными в специализированных базах данных.

Поддерживает интерфейсы для интеграции с внешними приложениями.

Система легко интегрируется с корпоративными информационными системами, такими как 1С и АСОМИ.

В эпоху цифровых технологий автоматизация и оптимизация технологических процессов играют решающую роль в повышении эффективности и конкурентоспособности производств. Современные средства, такие как промышленный IoT, робототехника, искусственный интеллект и цифровые модели, позволяют создавать гибкие, умные системы, способные адаптироваться к быстро меняющимся условиям рынка. Развитие инновационных методов и технологий продолжит задавать новые стандарты качества, эффективности и экологической ответственности в промышленности, открывая перспективы для дальнейшего роста и совершенствования производства. [4]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеер, А. Индустрия 4.0: от прорывной бизнес-модели к автоматизации бизнес-процессов: учебник / А. Шеер ; под науч. ред. Д. Стефановского ; пер. с англ. Д. Стефановского, О. А. Виниченко ; Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации. – Москва: Дело, 2020. – 272 с.

2. Куликова Е.А. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник и практикум для вузов / Е. А. Куликова, А. Б. Чуваков, А.Н. Петровский. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 252 с

3. Технология машиностроения: В 2 ч. Ч.1 Основы технологии сборки в машиностроении: учеб. Пособие / И.В. Шрубченко, Т.А. Дуюн, А.А. Погонин и др. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013 – 235 с.

4. Технология машиностроения: В 2 ч. Ч.2 Технология изготовления типовых деталей машин: учеб. Пособие / И.В. Шрубченко, Т.А. Дуюн, А.А. Погонин и др. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013 – 358 с.

Ланко Н.А.

*Научный руководитель: Стативко Р.У., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

«ГРАЖДАНСКАЯ РАЗРАБОТКА» НА ПЛАТФОРМАХ LOW-CODE/NO-CODE: КАК ВЫСТРОИТЬ ОПЕРАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БИЗНЕСА И ИТ В МАСШТАБНЫХ ПРОГРАММАХ

Платформы low-code/no-code (LCNC) сделали разработку ближе к «первой линии» бизнеса: помимо штатных инженеров, в создание цифровых решений вовлекаются «гражданские разработчики» - сотрудники без глубокого бэкграунда в программировании. Этот сдвиг ломает привычную схему «бизнес заказывает - ИТ делает» и переносит центр тяжести с стратегии на рутину: кто наставляет, как согласовывать доступы, что одобрять, а что тормозить. Настоящая работа рассматривает именно повседневную механику сотрудничества, где важны не лозунги, а процессы, роли и конкретные артефакты поддержки.

Исследование опирается на много кейсовый подход: 22 полуформатированных интервью в 18 компаниях из разных отраслей. Анализ высказываний (MAXQDA) привёл к выделению 20 управленческих мер, собранных в пять механизмов: самоуправление, генерация идей, координированное масштабирование, проектная реализация и «профессиональный катализатор». Дополнительно описаны четыре режима бизнес-ИТ-коллаборации - от «сообщественного» до «эксперт-ведомого». Цель - закрыть разрыв между стратегическими обещаниями и тем, как LCNC-программы действительно работают день за днём.

Контекст прост и жёсток: инструменты вроде Power Platform, Mendix и OutSystems ускоряют сборку приложений за счёт визуального дизайна, библиотек компонентов и развитой конфигурации. Инициатива чаще возникает «на местах», а ИТ-подразделения становятся не «контрольно-пропускным пунктом», а партнёром, куратором платформы и хранителем правил игры. При этом научная литература до недавнего времени тяготела к стратегиям и предпосылкам успеха, реже - к описанию операционных сцепок между бизнесом и ИТ. Авторы, по сути, спрашивают: какие именно

управленческие приёмы помогают масштабировать «гражданскую разработку», не разваливая архитектуру и управление рисками?

Методологически работа выстроена аккуратно: полуформатированные интервью с лидерами LCNC-инициатив из энергетики, промышленности, автоиндустрии, финансов, логистики, телекоммуникаций, образования, здравоохранения и профессиональных услуг. После открытого кодирования исследователи применили аксиальное кодирование, группируя повторяющиеся практики в меры, а затем в более широкие механизмы; параллельно оценивались относительная значимость механизмов и положение компаний на оси «автономия бизнеса ↔ зависимость от ИТ». На иллюстрациях приведены схема кодирования и сводная таблица мер по компаниям.

Самоуправление. Первый механизм - про массовую активацию людей. Здесь работают самообучающие материалы, базы знаний и пути самостоятельного обучения (включая курсы вендоров), онбординг-порталы с «бережным» стартом, а также мягкая геймификация: значки, рейтинги, «app of the month». Идея проста: чем меньше «трения» на входе, тем шире воронка - сотрудник без боязни пробует платформу, быстро находит ответы и растит навыки без постоянного участия ИТ.

Генерация идей. Второй механизм - про обмен смыслами и энергию. Сообщества по платформам и доменам, хакатоны и буткемпы, регулярные «show & tell», «rockstar-сессии» и даже «fuck-up nights» (разбор ошибок) создают среду, где опыт быстро циркулирует. Параллельно разворачиваются песочницы - безопасные playground-окружения для экспериментов, и репозитории приложений - источники вдохновения и переиспользования. Всё это снижает барьер входа и ускоряет распространение удачных практик.

Координированное масштабирование. Третий механизм - про структурированную поддержку роста. На стыке бизнес-подразделений и ИТ появляются «пограничные роли» (coaches, stewards, ambassadors), а вокруг них - ко-разработка смешанными командами, настройка правил на уровне бизнес-единиц (subsidiarity) и процедуры «масштабирования инноваций»: когда удачный локальный прототип переводят в корпоративный стандарт или передают в «большой ИТ». Механизм дисциплинирует расширение программы и помогает не потерять управляемость.

Проектная реализация. Четвёртый механизм отвечает за качество и комплаенс. В него входят пре-ревью бизнес-кейсов (чтобы отсеивать неподходящие для LCNC задачи), процедуры допусков к критичным

ресурсам и коннекторам, формализованные учебные программы с наставниками и реальными задачами, а также финансирование «флагманских» кейсов. Благодаря этому портфель LCNC-проектов управляется осознанно: архитектура остаётся цельной, а риски - обозримыми.

«Профессиональный катализатор». Пятый механизм - про то, что всё же остаётся за ИТ. Это миграции со старых артефактов (условный Excel) на управляемые платформенные сервисы (Dataverse и пр.), «приёмные часы» и консультации, индивидуальная поддержка, а местами - development-as-a-service и сопровождение «осиротевших» приложений. Подход неоднозначный - кто-то видит в нём угрозу возврата к модели «ИТ-подрядчика», но в масштабных программах такая «подстраховка» снижает риски и выравнивает качество. Важная оговорка: миграции не должны переносить неудачные процессы на новый инструментальный слой.

Поверх этих механизмов выделяют четыре режима коллаборации:

- Сообщественный - упор на самоуправление и комьюнити; ИТ выступает наставником и владельцем платформы.

- Проектно-ориентированный - строгие пре-оценки, сопровождение проектов, ставка на «витринные» кейсы.

- Совместное созидание - смешанные команды, ко-разработка (80/20, 90/10 и т. п.), высокий обмен экспертизой, но и значительная нагрузка на ИТ.

- Эксперт-ведомый - решения строятся в основном силами ИТ на LCNC, роль «гражданских» пассивна; идеологически спорно, но временами полезно, чтобы раскатать вовлечённость и удержать безопасность.

В реальности режимы живут рядом, комбинируясь по доменам, платформам и зрелости функций; на матрице (рис. 1) это соотнесено с акцентом на автономию бизнеса или зависимость от ИТ.

Роль ИТ-подразделения	Поддержка	Проектно-ориентированный: идеи гражданских разработчиков проходят предварительную оценку перед разработкой, а ИТ-специалисты контролируют их для обеспечения оптимальных результатов	Сообщественный: Гражданские разработчики способствуют созданию цифровых решений для повышения личной продуктивности, в то время как ИТ обеспечивает руководство и обучение, выполняя вспомогательную роль
	Управление	Эксперт-ведомый: противоречит идее гражданского развития, поскольку она концентрируется на традиционном определении требований бизнес-пользователями и их реализации ИТ-подразделениями	Совместное-созидание: Гражданские разработчики и ИТ-подразделения тесно сотрудничают в создании цифровых решений для повышения личной продуктивности
		Низкий	Высокий

Рис. 1 - Матрица форм гражданской разработки

Применимость для корпоративных ИС. Получившаяся таксономия - это не «манифест», а конструктор. В строго регулируемых доменах логично усиливать проектную реализацию и координированное масштабирование: чёткие пре-ревью, управляемые коннекторы, «пограничные роли», понятные правила передачи прототипов в промышленную разработку. Если цель - массовый охват и демократизация, то на первый план выходят самоуправление, сообщества и песочницы. В общем случае полезно управлять портфелем режимов, соотнося комбинации с критичностью, масштабом и сложностью задач. Этот подход подтверждается кейсами крупных компаний и отмеченной авторами экономикой программ.

Ограничения и риски. С научной стороны - типичные рамки качественного дизайна: субъективность информантов, отсутствие кейсов малых компаний, смещение к мультинациональным «первопроходцам». Практические риски - низкая осведомлённость сотрудников, психологический барьер входа, тревоги вокруг контроля и кибербезопасности, «осиротевшие» приложения, а также соблазн притянуть на новую платформу плохо устроенные процессы. Смягчают проблемы всё те же механизмы: пре-ревью и допуски, стандартные роли и «выходные стратегии», регулярные консультации, архитектурные гайды и управляемые коннекторы.

В сумме работа даёт «карту местности»: пять механизмов - как набор тумблеров управления программой, четыре режима - как способы настроить глубину участия ИТ и автономию бизнеса. Это не рецепт раз и навсегда, а система координат, помогающая эволюционировать LCNC-инициативам без потери управляемости.

Масштабные LCNC-программы живут не на слайдах стратегии, а в ежедневных договорённостях: кто учит, кто допускает, кто помогает, а кто нажимает тормоз. Представленная «рамка» фиксирует пять рабочих механизмов (от самоуправления и сообществ до ко-разработки и катализатора со стороны ИТ) и четыре режима взаимодействия, позволяющие тонко настраивать баланс свободы и контроля. В правильной сборке эти элементы дают и скорость, и качество, и устойчивость к рискам.

Ограничения исследования намекают на будущую повестку: как ведут себя режимы при росте масштаба, какие «выходные стратегии» подходят для приложений, чем различия платформ меняют модель сотрудничества. Для практиков вывод приземлённый: управляйте программой как портфелем мер и режимов, учитывая критичность, сложность и регуляторные риски доменов. Такой подход помогает ускорять инновации, не распуская внутреннюю дисциплину и безопасность - именно этого ждут корпоративные ИС сегодня.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.М. Зеневич, Д.В. Кныш, Е.Г. Рубель «Влияние low-code и no-code платформ на процесс разработки программного обеспечения» [Электронный ресурс]. URL: <https://rep.bntu.by> (дата обращения: 30.09.2025).

2. Как low-code ускоряет разработку и вывод продуктов на рынок // РБК [Электронный ресурс]. URL: <https://trends.rbc.ru> (дата обращения: 30.09.2025).

3. Борьба за эффективность: рынок low-code в объятиях искусственного интеллекта // Хабр [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com> (дата обращения: 01.10.2025).

4. Нудной С.Н. Разработка программного обеспечения без использования программирования // В сб.: XVI Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство»: Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – Ч. 13. – С. 180–182.

5. Коломыцева, Е.П., Стативко, Р.У. Моделирование процессов расстановки датчиков с использованием программного продукта «Ramus Educational» // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2018. - № . - С. 3723-3727.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ. КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ, УСТРОЙСТВ РАСШИРЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Современная строительная индустрия вступила в фазу глубокой цифровой трансформации, в ходе которой традиционные методы контроля качества и мониторинга строительных процессов постепенно заменяются интеллектуальными автоматизированными системами. Контроль качества возведения объектов и оперативное выявление отклонений от проектных решений представляют собой критические параметры эффективности реализации инвестиционно-строительных проектов, оказывающие прямое влияние на соблюдение сроков, финансовую составляющую и обеспечение эксплуатационной безопасности зданий и сооружений [1].

Применяемые в настоящее время традиционные методы строительного контроля, основанные на визуальных осмотрах, тахеометрических измерениях и ручной обработке результатов, обладают рядом ограничений. Во-первых, качество оценки напрямую зависит от квалификации и опыта инженера, что создает вероятность субъективных интерпретаций одних и тех же данных различными специалистами. Во-вторых, выполнение полного цикла контроля для строительного объекта средней сложности требует значительных трудозатрат – порядка 34–40 часов инженерной работы, включая полевые измерения (около 10 ч), камеральную обработку данных (до 16 ч) и подготовку отчетной документации (около 8 ч). В-третьих, ручная обработка данных характеризуется высокой вероятностью ошибок, уровень которых достигает 17–35% в зависимости от сложности объекта и стадии строительства.

Технология информационного моделирования зданий (BIM – Building Information Modeling) представляет собой системный подход к формированию и управлению совокупностью данных об объекте строительства на протяжении его полного жизненного цикла. В отличие от традиционного двумерного проектирования, BIM формирует

интеллектуальную трехмерную модель, включающую не только геометрические характеристики, но и информационные параметры, связанные с материалами, сметной стоимостью, графиком выполнения работ, показателями энергоэффективности и другими эксплуатационными характеристиками объекта.

Применение BIM способствует интеграции проектных, строительных и эксплуатационных процессов, обеспечивая возможность моделирования пространственных и временных изменений параметров объекта. Результатом данного подхода является объектно-ориентированная цифровая модель, являющаяся цифровым аналогом не только формы и структуры здания, но и процессов, происходящих при его возведении и эксплуатации.

Использование технологии BIM позволяет значительно повысить эффективность проектно-строительной деятельности: обеспечивается синхронизация визуализации строительного процесса с календарным графиком, наглядное представление проектных решений, устранение пространственных коллизий между инженерными системами и конструктивными элементами, формирование заданий с точной привязкой ко времени и этапам строительства, ускоренный доступ к материалам для производственно-технических служб, а также оперативное внесение корректировок и комментариев в модель. Все это значительно улучшает коммуникацию между участниками инвестиционно-строительного проекта.

Ключевым преимуществом BIM является целостность и взаимозависимость всех типов данных внутри информационной модели, при которой изменения любого элемента автоматически отражаются во всех связанных компонентах проекта. Такой подход отличается от традиционных методов, требовавших пересмотра множества отдельных документов и чертежей при внесении изменений [2–4].

Согласно стратегии цифровой трансформации, утвержденной Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, отрасль должна достичь высокого уровня цифровой зрелости к 2030 г. С июля 2024 г. для российских застройщиков стало обязательным применение технологии BIM в жилищном строительстве, что определяет необходимость овладения принципами и инструментами BIM-моделирования всеми специалистами строительной сферы [5].

Концепция информационного моделирования предусматривает создание виртуального прототипа объекта до его физического

возведения, что позволяет снизить уровень неопределенности, повысить безопасность строительства, а также моделировать и анализировать влияние различных факторов. Практическое применение BIM-технологий охватывает все стадии жизненного цикла зданий – от сбора исходных данных и проектирования до возведения, эксплуатации, капитального ремонта и утилизации [4].

Современные дополненные технологии, такие как Microsoft HoloLens, находят широкое применение в архитектурно-строительном проектировании. Использование устройств смешанной реальности обеспечивает возможность совместного взаимодействия инженеров, проектировщиков и строителей в режиме реального времени, в том числе при удаленном доступе, что способствует ускорению проектных решений и повышению эффективности их реализации (рис. 1).



Рис. 1. Интеграция цифровых компонентов с реальным объектом строительства

На всех этапах жизненного цикла строительного объекта инженеры, проектировщики и архитекторы используют макеты, чертежи и специализированные документационные модели, фиксирующие проектные и технические решения. Однако представление этой информации зачастую затруднено для восприятия заказчиком, а внесение малейших изменений требует корректировки многочисленных документов и файлов. Использование устройств дополненной реальности, таких как Microsoft HoloLens, значительно упрощает данные процессы, делает их более наглядными, экономичными и интуитивно понятными.

Microsoft HoloLens представляет собой автономный вычислительный комплекс в виде шлема, предназначенный для работы в режиме дополненной реальности. Устройство функционирует под управлением операционной системы Windows и не требует

подключения к внешним аппаратным средствам, обеспечивая полную мобильность и независимость при эксплуатации [6, 7].

Технологии смешанной реальности объединяют физическую и цифровую составляющие пространства, создавая интегрированные среды, где объекты реального мира могут взаимодействовать с виртуальными элементами в режиме реального времени. Применение таких решений в строительстве позволяет специалистам наглядно анализировать взаимодействие инженерных коммуникаций с конструктивными элементами, включая системы электроснабжения, водоснабжения и вентиляции, что обеспечивает более точную координацию проектных решений и монтажных работ.

Одним из наиболее перспективных инструментов виртуализации проектных процессов выступают системы виртуальной реальности (VR) Oculus Quest 2 и PICO, которые относятся к самым передовым решениям в области VR-технологий [7]. Виртуальная реальность способствует совершенствованию процессов проектирования, визуализации архитектурных решений и обучению персонала. В рамках VR-моделирования создаются интерактивные симуляции строительных проектов, позволяющие специалистам и заказчикам исследовать структуру и функциональные особенности объектов до начала фактического строительства. Это обеспечивает проведение презентаций, демонстраций и проверку проектных решений в полноразмерном виртуальном формате, что способствует минимизации ошибок и оптимизации производственных затрат [7, 8].

Применение VR предоставляет возможность визуализировать объект в натуральном масштабе, модифицировать архитектурные и конструктивные параметры, а также осуществлять интерактивные «виртуальные обходы» по проектируемым зданиям. Анализ моделей на ранних стадиях проектирования позволяет выявлять потенциальные несоответствия, что положительно сказывается на сроках реализации проекта и снижает общие финансовые риски. Согласно ключевым тенденциям цифровизации строительного сектора 2024–2025 гг., технологии дополненной, виртуальной и смешанной реальности становятся неотъемлемыми элементами цифрового производства, способствующими эффективной командной работе, повышению уровня обучения и вовлеченности участников проекта, а также улучшению качества конечной продукции [8].

Одним из активно развивающихся направлений цифрового мониторинга в строительстве является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для аэрофотосъемки и геодезических

работ. С помощью дронов формируются ортофотопланы высокой точности, обеспечивающие создание цифровых моделей местности. Применение беспилотных технологий позволяет сократить материальные и трудовые затраты, повысить скорость и качество геодезических и картографических работ [9].

Фотограмметрия на основе БПЛА по точности и эффективности нередко превосходит традиционные методы наземной съемки. Основное преимущество заключается в значительном сокращении сроков работ и снижении их себестоимости: операции, требующие при классическом подходе нескольких недель, могут быть выполнены в течение нескольких дней. Компактность и маневренность дронов делают возможным их использование в труднодоступных и опасных зонах, что позволяет исключить необходимость риска для геодезических бригад и обеспечить безопасное обследование ранее недоступных территорий.

Цифровизация строительной отрасли включает активное внедрение беспилотных технологий для мониторинга строительства, ведения исполнительной съемки, построения цифровых двойников и контроля соответствия проектной документации фактическим условиям выполнения работ. Согласно аналитическим исследованиям, беспилотные системы относятся к технологическим направлениям высокой перспективности наряду с BIM, IoT, искусственным интеллектом и робототехникой [9]. Применение дронов обеспечивает формирование точных цифровых документов для процессов планирования, надзора и управления строительными проектами, что делает их ключевым инструментом современной практики.

Особое значение в контексте цифрового моделирования приобретает технология лазерного сканирования, обеспечивающая получение высокоточной трехмерной информации о геометрии объектов. Лазерное сканирование основано на измерении координат множества точек поверхности посредством специализированных лазерных сканеров. Результаты измерений формируются в виде «облака точек», которое может быть преобразовано в трехмерную модель объекта, совокупность сечений или двумерные чертежи, применяемые при работе с BIM-моделями [10, 11].

Наземные лазерные сканеры представляют собой портативные системы, измеряющие расстояния с фиксацией вертикальных и горизонтальных углов. На основании полученных данных специализированное программное обеспечение формирует трехмерное изображение объекта в виде плотного облака точек. Данные облака

точек создаются в процессе лидарной или фотограмметрической съемки, при которой устройство определяет расстояние, направление и цвет каждой точки поверхности и записывает результаты в форматах .LAZ или .LAS. Полученная совокупность пространственных координат описывает поверхность объекта в цифровом виде, что делает ее основой для построения точных 3D-моделей.

Современные методы конверсии облаков точек в информационные модели представляют собой ключевое направление развития технологий цифрового моделирования. Этот процесс обеспечивает интеграцию реальных данных о физическом мире в цифровую среду. Применение лазерного 3D-сканирования позволяет детально фиксировать характеристики строений и формировать точные 3D-модели, используемые для проектирования, реконструкции и управления жизненным циклом строительных объектов. Лазерные лучи, отраженные от поверхностей, регистрируются датчиками устройства, формируя набор пространственных данных, известный как облако точек (рис. 2).



Рис. 2. Облако точек трехмерного лазерного сканирования бассейна

После сбора пространственных данных о параметрах объекта осуществляется процесс их конверсии в информационную BIM-модель. Для этого применяются специализированные программные комплексы, оснащенные инструментами автоматизированной обработки и анализа геометрических данных. В результате обработки формируется высокдетализированная трехмерная информационная модель, содержащая элементы строительной структуры – стены, перекрытия, крыши, окна, двери и фасадные детали. При этом сформированная BIM-модель представляет собой не просто визуализацию объекта, а интегрированный источник данных о его геометрических, материальных и эксплуатационных характеристиках. Такая модель может использоваться для анализа технического состояния,

планирования реконструкции, а также в будущих проектных разработках [9, 10].

На основе облаков точек, полученных при лазерном сканировании, с использованием специализированного программного обеспечения разрабатываются детализированные трехмерные модели или цифровые двойники объектов. Большинство современных программных решений для проектирования поддерживает прямую работу с данными лазерного сканирования, что обеспечивает широкое внедрение данной технологии на различных этапах реализации строительных проектов. Лазерное сканирование и создание облаков точек становятся неотъемлемыми инструментами цифрового моделирования, особенно востребованными при реконструкции и модернизации зданий и сооружений, где критическим фактором является получение актуальных сведений о действительном техническом состоянии конструкций.

Преобразование результатов лазерного сканирования в BIM-модель приобретает стратегическое значение в различных сферах строительной практики, включая реставрацию и сохранение объектов культурного наследия. Высокоточная информационная модель здания обеспечивает единое цифровое пространство взаимодействия для всех участников проекта: архитекторов, инженеров, подрядчиков и заказчиков, что позволяет совместно просматривать данные, вносить корректировки и координировать решения в режиме реального времени, повышая согласованность и качество проектных результатов.

Интеграция БПЛА, оснащенных лидарными системами, с алгоритмами искусственного интеллекта открывает новые перспективы для автоматизации процессов строительного мониторинга. Современные дроны способны производить сбор миллионов пространственных точек с точностью порядка 15–20 мм, что позволяет формировать детальные цифровые копии строительных объектов в течение нескольких минут. При этом одним из ключевых вызовов остается автоматическая интерпретация и структурирование больших объемов пространственных данных: типичное облако точек строительного объекта содержит 150–250 млн точек при размере данных 3–5 ГБ, что делает ручную обработку неэффективной и трудоемкой [6, 7].

Решением данной задачи становится применение методов глубокого обучения для выполнения семантической сегментации облаков точек и их автоматического сопоставления с BIM-моделями, что обеспечивает точность классификации строительных элементов до 96% при сокращении времени обработки до 4–6 мин на миллион точек.

Такой подход формирует основу для реализации концепции непрерывного автоматизированного мониторинга строительных процессов в режиме, максимально приближенном к реальному времени.

Современная строительная отрасль претерпевает глубинную трансформацию под воздействием внедрения цифровых технологий, которые становятся неотъемлемой частью систем проектирования, возведения, эксплуатации и управления объектами. Цифровизация строительства представляет собой не просто внедрение инновационных инструментов, а переход к новой архитектуре управления жизненным циклом зданий и сооружений. Актуальность и стратегическая значимость данных технологий подтверждаются государственной политикой, предусматривающей обязательное применение BIM в жилищном строительстве с 2024 г., а также общемировыми тенденциями, направленными на превращение строительной отрасли в высокотехнологичный сектор экономики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова, Л. А. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами / Л. А. Сулейманова, П. В. Сапожников, А. Н. Кривчиков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 4. – С. 12-24.
2. Сулейманова, Л. А. Управление данными BIM-модели при оценке устойчивости жизненного цикла зданий / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский // Университетская наука. – 2023. – № 1(15). – С. 117-119.
3. Сулейманова, Л. А. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий / Л. А. Сулейманова, Р. Н. Темурзиева, И. С. Рябчевский // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. IV Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 121-127.
4. Рябчевский, И. С. Технологии BIM в процессе управления жизненного цикла объектов строительства / И. С. Рябчевский, И. А. Чесноков, И. С. Сулейманов // VII Международный студенческий строительный форум - 2022: сб. докл. VII Международного студенческого строительного форума. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 138-144.
5. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. Доклад «О внедрении информационного моделирования зданий в России». – М.: Минстрой, 2024. – 25 с.

6. Кук Т.М. Интеграция цифровых технологий в архитектурном проектировании // Архитектон: известия вузов. – 2024. – №3 (79). – С. 4–8.

7. Загайнов В.А. Инновационные технологии в строительстве: мировые и российские тенденции // Инновации. – 2025. – №2 (298). – С. 23–28.

8. Хафизов И.Р., Сеницын Н.П. Виртуальная реальность в строительстве и архитектуре // Креативная экономика. – 2024. – №8(152). – С. 43–47.

9. Zhang, C., Arditi, D. Automated progress control using laser scanning technology. // Automation in Construction. – 2013. Vol. 36. – P. 108-116.

10. Fang, Y., et al. Scan-to-BIM-to-Sim: Automated reconstruction of digital twin models for bridges from imperfect point clouds. // Automation in Construction. – 2025. Vol. 173. P. 105934.

УДК 69.04

Левшин Д.Э., Пойменов М.С.

Научный руководитель: Панченко Л.А. канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ЧЕТЫРЕ КЛАССА ЗАДАЧ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

Инженерные конструкции в условиях эксплуатации испытывают внешние воздействия и меняют формы и размеры, то есть деформируются. При проектировании конструкций требуется определить материал, конфигурацию и размеры элементов, чтобы оказать достаточное сопротивление установленным воздействиям. Главными требованиями в инженерном деле являются противоречащие друг другу категории: надежность функционирования конструкции (способность выполнять надлежащие функции при сохранении эксплуатационных показателей в допустимых пределах установленного срока) и экономичность. Разрешение этого противоречия является важнейшим аспектом механики деформируемого твердого тела – науки о прочности (способности противостоять изменению размеров и формы) и устойчивости (способности поддерживать начальную форму равновесия).

Можно выделить четыре основных класса задач механики деформируемого твердого тела: прямые и обратные задачи; задачи,

обозначенные оптимальным проектированием; задачи синтеза конструкции и нагрузки.

Первый класс задач преследует цель – исследование напряженно-деформированного состояния элементов конструкции с целью произвести поверочные расчеты, смысл которых состоит в установлении выполнения условий прочности и жесткости.

При растяжении – сжатии формулы представляются следующим образом:

$$\sigma = N/A, \quad (1)$$

$$\varepsilon = N/(EA), \quad (2)$$

где σ – напряжение, ε – деформация, N – продольное усилие, E – модуль Юнга, A – площадь поперечного сечения бруса.

Поверочные расчеты производятся по формулам:

$$\sigma \leq \sigma_{\text{adm}}, \quad (3)$$

$$\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{adm}}, \quad (4)$$

где σ_{adm} и ε_{adm} – допускаемые напряжение и деформация.

При этом, найденные напряжения могут отличаться от допускаемых в пределах 5%. Если перенапряжение более 5%, это говорит о невыполнении условия прочности. Отклонение более 5% в меньшую сторону приводит к перерасходу материала.

Обратные задачи [1] решаются при заданной величине допускаемого напряжения или допускаемой деформации. Могут быть заданы размеры (площадь) поперечного сечения, модуль E , а определяться допускаемое продольное усилие:

$$N_{\text{adm}} \leq \sigma_{\text{adm}} A, \quad (5)$$

$$N_{\text{adm}} \leq EA\varepsilon_{\text{adm}}. \quad (6)$$

Из двух полученных величин принимается меньшее значение.

С другой стороны при заданных продольном усилии, модуле E и допускаемой величине σ_{adm} (ε_{adm}) определяется площадь поперечного сечения:

$$A \geq N/\sigma_{\text{adm}}, \quad (7)$$

$$A \geq N/E\varepsilon_{\text{adm}}. \quad (8)$$

Из двух величин A по формулам (7) и (8) принимается большее значение. Затем находят размеры поперечного сечения. Если сечение, например, прямоугольное, то необходимо учитывать соотношение между сторонами (высоты прямоугольник к его ширине).

Наконец, при заданных продольном усилии, площади поперечного сечения и допускаемой величине ε_{adm} определяется модуль Юнга:

$$E \geq N / (A \varepsilon_{\text{adm}}). \quad (9)$$

При формулировке обратных задач обычно не ставится цель получить более оптимальное решение или найти для рассматриваемой конструкции возможное экстремальное свойство.

Если при постановке обратной задачи возникает необходимость нахождения наилучшего в некотором смысле варианта решения, то в этом случае привлекаются задачи оптимального проектирования, которые являются третьим классом обозначенных задач [2,3].

Чаще всего при формулировке оптимальной задачи в качестве критерия выступает расход материала или с другие экономические показатели. Это не всегда сочетается с вариационными принципами механики деформируемого твердого тела, являющимися базовыми предпосылками для прямых и обратных задач. Этому сопутствует субъективный характер критерия оптимальности. Таков, например, критерий равнонапряженности, который не всегда может быть достигнут. А получившая распространение минимизация объема материала не применима при использовании композитов [4].

Альтернативой оптимальному проектированию является четвертый класс задач, базирующийся на синтезе конструкции и нагрузки. В основе этих задач лежит общефизический принцип стационарного действия в форме принципов Лагранжа и Кастильяно, обобщенных за счет функций конфигурации, модулей материала и нагрузки [1,5].

Учитывая дополнительные условия, которые накладывают ограничения на искомые функции, рассматривается стационарность исходного функционала. В качестве рассматриваемых могут выступать функции напряженно-деформированного состояния, конфигурации, модулей материала (нагрузки). В результате, получаем вариационную задачу на условный экстремум. Для ее решения можно применять различные способы, одним из которой является метод множителей Лагранжа [6].

Следствием стационарности обобщенного функционала Лагранжа (Кастильяно) являются уравнения равновесия в объеме тела и на части поверхности (решение уравнений совместности деформаций и кинетические условия на части поверхности), дополнительные условия и специфические уравнения структурообразования.

Последние в комплексе, по существу, обуславливают проектный критерий. Важно заметить, что он не вводится

предварительно, то есть не зависит от субъективных предпосылок, а является строгим результатом решения вариационной задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юрьев А.Г. Вариационные принципы строительной механики. Белгород: БелГТАСМ. 2002. 90 с.
2. Перельмутер А.В. Задачи синтеза в теории сооружений (краткий исторический обзор) // Вестник Томск. гос.архит.-стр. ун-та. 2016. №2. С.70-106.
3. Тамразян А.Г. Алексейцев А.В. Современные методы оптимизации конструктивных решений для несущих систем зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2020. Т.15. Вып.1. С.12-25.
4. Панченко Л.А. Строительные конструкции с волокнистыми композитами. Белгород: БГТУ. 2013. 184с.
5. Юрьев А.Г. Вариационный принцип стационарного действия. Белгород. 2024. 76с.
6. Лаврентьев М.А., Люстерник Л.А. Курс вариационного исчисления. М.-Л.: Гостехиздат. 1960. 296 с.

УДК 656.11

Лежнева В.А.

**Научный руководитель: Лежнева Е.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия**

ВЛИЯНИЕ НАРУЖНОЙ РЕКЛАМЫ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Безопасность дорожного движения является приоритетной задачей современного общества, требующей комплексного подхода к анализу и устранению факторов, способствующих возникновению дорожно-транспортных происшествий (ДТП). В числе потенциальных отвлекающих факторов, влияющих на внимание водителей и пешеходов, все чаще рассматривается наружная реклама. Интенсивное развитие рекламной индустрии и повсеместное распространение рекламных конструкций вдоль дорог и улиц городов обуславливают актуальность исследования влияния наружной рекламы на безопасность движения. Полученные результаты позволят оценить степень влияния наружной рекламы на безопасность движения и

предложить конкретные меры по снижению рисков, связанных с ее воздействием. Полученные результаты позволят оценить степень влияния наружной рекламы на безопасность движения и предложить конкретные меры по снижению рисков, связанных с ее воздействием.

Белгородская область, подобно многим другим регионам России, не может справиться с проблемой смертности в дорожно-транспортных происшествиях. Несмотря на принимаемые меры по повышению безопасности на дорогах, ситуация остается тревожной: количество погибших и травмированных в результате ДТП по-прежнему велико рис. 1.

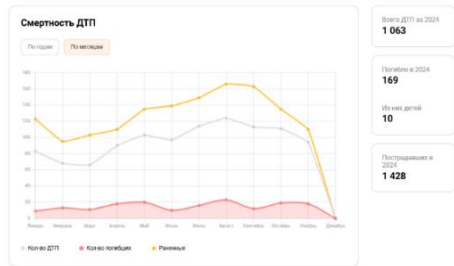


Рис. 1 – Количество ДТП с разными последствиями за 2024 год

При управлении автомобилем водителя могут отвлекать 2 группы факторов как внешние, так и внутренние[1]. Классификация факторов, влияющих на внимание водителя за рулем представлена на рис. 2.

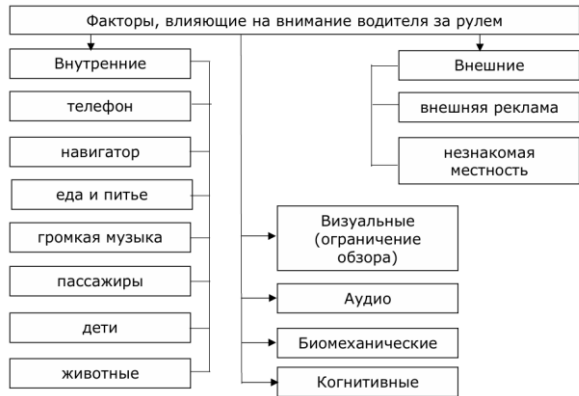


Рис 2. – Классификация факторов, влияющих на внимание водителя за рулем

В ходе анализа причин ДТП установлено отсутствие прямой статистической отчетности, отражающей влияние наружной рекламы. Данное обстоятельство обусловлено тем, что при расследовании ДТП конкретный отвлекающий фактор, как правило, не фиксируется, а причина происшествия квалифицируется как «несоблюдение правил дорожного движения» или «отвлечение внимания». Проблема влияния наружной рекламы на безопасность дорожного движения является многогранной и требует комплексного рассмотрения. С одной стороны, наружная реклама представляет собой важный инструмент маркетинга, способствующий продвижению товаров и услуг, а также формированию имиджа компаний. С другой стороны, она может выступать в качестве отвлекающего фактора, снижающего концентрацию внимания водителей и пешеходов, что, в свою очередь, повышает риск возникновения ДТП. Исследование Insurance Group установило, что каждое десятое ДТП происходит из-за отвлечения водителя, при этом 62 % всех случаев потери концентрации связаны именно с внешними раздражителями (реклама, вывески и т. п.). Исследования в области влияния наружной рекламы на безопасность дорожного движения становятся все более актуальными в наше время, так как с каждым годом неуклонно растет как автомобилизация, так и индустрия рекламы, общество предъявляет более высокие требования к безопасности на дорогах. В связи с этим, необходимость исследования в данном направлении является своевременной с целью обеспечения безопасности всех участников дорожного движения.

Одним из наиболее безопасных видов наружной рекламы является – статический (остается неизменным на рекламном носителе). Данный факт подтверждает инструментальное исследование «PubMed», где водители фиксировали взгляды на электронные щиты более 2 секунд, когда на статические менее 1 секунды [2]. Результаты исследования подчеркивают необходимость более строгого регулирования размещения и содержания электронных щитов вдоль дорог, чтобы минимизировать их отвлекающее воздействие на водителей.

Также основываясь на результатах работы конференции [3] можно отметить, что, если «буфер безопасности» (промежуток времени до впереди идущего автомобиля (секунды) минус продолжительность взгляда на рекламу (секунды)) уменьшается при отвлечении взгляда водителя от дороги, то увеличивается вероятность возникновения ДТП. Пример обработки такой информации, полученной с помощью разработанного комплекса, представлен на рис. 3.

T – буфер безопасности (секунды)
 l – временной интервал до впереди идущего водителя (секунды)
 t – продолжительность просмотра рекламы (секунды)



Буфер безопасности = промежуток времени до впереди идущего автомобиля
 минус продолжительность взгляда на рекламу

Рис 3. – Расчет буфера безопасности

Предотвращение отвлечения водителей на наружную рекламу – это сложная задача, требующая комплексного подхода. Необходимо учитывать не только дорожные и климатические условия, но и индивидуальные особенности восприятия рекламы разными водителями. Поэтому дальнейшие исследования и разработки в этой области должны быть направлены на избегание установки щитов вблизи сложных перекрестков, слияния полос и пешеходных переходов, ограничение размеров и высоты, а также проведение исследований с трекингом взгляда и анализом числа конфликтов для оценки реального воздействия наружной рекламы на конкретных участках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Махонина К.А., Румянцева К.О., Лежнева Е.И. Современные системы мониторинга внимания водителя на основе датчиков // сборник материалов IX Международной научной конференции молодых ученых «Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения». Гродно: Изд-во ГрГУ им. Янки Купалы, 2025. – С. 197-203.
2. PubMed. Effects of electronic billboards on driver distraction URL: <https://pubmed.ncbi> (дата обращения: 19.09.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

3. 16th Road Safety on Four Continents Conference – URL: <https://www.softlights.org> (дата обращения: 19.09.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

УДК 504.064.2:656.13

Лежнева В.А.

Научный руководитель: Лежнева Е.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИМАГИСТРАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Разработка мероприятий по оздоровлению атмосферного воздуха невозможна без четкого представления о пространственно- временном распространении примесей. Особую значимость этот вопрос имеет для урбанизированных территорий, которые испытывают влияние многокомпонентных и меняющихся промышленных и транспортных выбросов, основная часть которых рассеивается в приземном слое атмосферы [1]. Практически весь парк автотранспортных средств функционирует на основе двигателей внутреннего сгорания (ДВС), являющихся источником значительных выбросов загрязняющих веществ. В процессе сгорания топливно-воздушной смеси в ДВС образуется сложная многокомпонентная смесь, включающая более 280 идентифицированных соединений. Установлено, что среднесуточный выброс вредных соединений от одного автомобиля составляет около 3 кг [2].

Ключевой геохимической характеристикой воздействия транспортных объектов на окружающую среду является формирование техногенных геохимических аномалий в элементах городского ландшафта. Пространственное распределение и концентрация данных аномалий обусловлены взаимодействием функциональной структуры города (определяющей интенсивность и характер воздействия) и ландшафтно-геохимических факторов (дифференцирующих распространение загрязнителей) [3].

Эффективная разработка мероприятий по улучшению качества атмосферного воздуха невозможна без детального анализа пространственно-временной динамики распространения загрязняющих веществ. Особенно актуальна данная задача для урбанизированных территорий, подверженных воздействию сложных многокомпонентных

и нестабильных транспортных выбросов, которые преимущественно рассеиваются в приземном слое атмосферы.

В ходе исследования была проведена оценка динамики изменения концентраций загрязняющих веществ, эмитируемых автотранспортными средствами, по мере увеличения расстояния от автомагистрали. Моделирование дисперсии поллютантов было выполнено для двух типов транспортных потоков, характеризующихся различным составом: первый тип доминировал легковым транспортом (с преобладанием легковых автомобилей и незначительной долей грузовых автомобилей и автобусов), второй тип – грузовым и пассажирским транспортом (с преобладанием грузовых автомобилей и автобусов и меньшей долей легковых автомобилей). Исследование учитывало варьирование угла между направлением ветра и продольной осью автомагистрали как фактор, влияющий на распространение загрязнителей. Интенсивность транспортного потока в обоих направлениях варьировалась в диапазоне от 1500 до 1900 автомобилей в час.

Результаты расчета концентрации диоксида азота на примагистральной территории в зависимости от скорости ветра для разных расстояний от оси автомобильной дороги представлены на рис. 1.

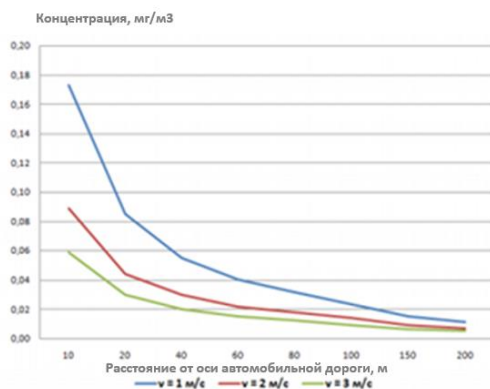


Рис. 1 – График изменения концентрации диоксида азота на примагистральной территории в зависимости от скорости ветра

Представленные графические зависимости иллюстрируют влияние скорости ветра и угла между направлением ветра и осью автомагистрали на концентрацию диоксида азота (NO_2), рассматриваемого в качестве индикаторного загрязнителя. Анализ графических данных выявил, что при скорости ветра 1 м/с и

определенных значениях угла между направлением ветра и автомагистралью наблюдается сопоставимый уровень концентрации NO_2 . Дальнейшее исследование показало, что скорость ветра оказывает более выраженное позитивное воздействие на снижение концентрации рассматриваемого поллютанта по сравнению с углом между направлением ветра и осью автомагистрали.

Самые высокие концентрации NO_2 наблюдаются на примагистральной территории с высокой интенсивностью движения и с плотной застройкой, когда данный газ может накапливаться в низинах. Диоксид азота относится ко 2 классу опасности [4] и влияет на дыхательную систему, органы зрения и сердечно-сосудистую систему, также данный газ проявляет канцерогенные свойства. Водители такси, грузовых автомобилей, курьеры, водители общественного транспорта, а также дети, как пассажиры транспортных средств, чаще всего подвержены воздействию данного газа. Указанные группы населения подвергаются максимальному воздействию NO_2 , что может привести к развитию хронических заболеваний, включая хронический бронхит, астму, другие респираторные патологии и усугубление существующих сердечно-сосудистых проблем. Это подчёркивает критическую важность адресного мониторинга концентраций NO_2 и разработки эффективных мер по снижению его выбросов в урбанизированных районах, с учётом пространственно-временных особенностей его накопления и рассеивания.

Решением могут служить салонные фильтры. Они используются для очистки воздуха, поступающего в кабину транспортного средства через систему вентиляции, с целью удаления пылевых частиц и газообразных поллютантов, тем самым обеспечивая защиту органов дыхания водителя и пассажиров [4]. Таким образом, салонные фильтры обеспечивают защиту органов дыхания и общего здоровья водителя и пассажиров, значительно снижая их реакцию к вредным компонентам атмосферы.

Традиционно салонные фильтры подразделяются на следующие категории: противопылевые (стандартные), угольные и антиаллергенные.

- противопылевые фильтры представляют собой гофрированные структуры из различных типов волокон, которые могут задерживать частицы от 1 мкм и более;

- угольные фильтры за счет слоя активированного угля помимо удержания мелкодисперсных частиц еще адсорбируют газообразные примеси в том числе и NO_2 ;

– антиаллергенные фильтры представляют собой комбинированные многослойные системы, включающие слои активированного угля, микроволокна и специализированные молекулярные сетки. Микроволокна обеспечивают задержку до 99 % мелкодисперсных частиц до 2,5 мкм, а также могут снижать концентрации бактерий, вирусов и спор плесени, обеспечивая более здоровую среду для людей, страдающих аллергией или астмой.

Таким образом, для каждого конкретного случая должны подбираться определенные категории салонных фильтров. Также для эффективной работы и поддержания микроклимата в салоне транспортного средства необходима регулярная замена фильтрующих элементов, все это будет способствовать повышению комфорта и безопасности вождения, а также будет минимизировать возможные экологические риски для здоровья дыхательной системы водителей и пассажиров, т.к. забитый или изношенный фильтр не только перестаёт выполнять свои функции, но может сам стать источником неприятных запахов и развития микроорганизмов, а также снижает эффективность работы системы вентиляции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фирсов М.К., Лежнева Е.И. К вопросу экологических характеристик транспортных потоков и безопасности дорожного движения // Образование. Наука. Производство: сборник материалов XVI Международного молодежного форума. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – Ч.9. – С. 145-148
2. Вольянов А.С, Третьяк Л.Н. О системном подходе к оценке влияния автотранспортных средств в процессе эксплуатации на экологию города // Вестник ОГУ №1 (162). 2014. С. 161-166
3. Павлова, Е.И. Экология транспорта: учебник и практикум для вузов / Е.И. Павлова, В.К. Новиков. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва: Изд-во Юрайт, 2023. – С. 416.
4. Графкина, М.В. Экология и экологическая безопасность автомобиля / М.В. Графкина, В.А. Михайлов, К.С. Иванов. – Учебник. – Москва: Изд-во Форум, 2023. – С. 320.
5. Кирасиров О.М., Нестеренко Г.А., Старичков В.И. Нейтрализация выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей // НАУ V(10). 2015. С. 87-91.

*Литвинова Ю. И., Дреер Ю.И., Кужелева А.А.
Научный руководитель: Новоселов А. Г., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛИЗУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ТЕХНОГЕННОГО ОТХОДА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ И КРИОЛИТА

Цементная промышленность является одним из крупнейших потребителей энергии в мире. В процессе производства цемента основные затраты энергии расходуется следующим образом: примерно 10% на обработку исходного сырья, 79% потребляется в ходе обжига клинкера, 10% на измельчение цемента и 1% приходится на прочие этапы. Стоит отметить, что обжиг клинкера является наиболее энергозатратным этапом, так как требует высоких температур. Энергоемкость цементного производства оказывает существенное влияние на себестоимость продукции и экологическую обстановку [1].

Поэтому, снижение энергозатрат при обжиге клинкера представляет собой важную задачу, направленную на улучшение экономических показателей и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Существует несколько методов, позволяющих сократить расходы энергии, в том числе использование минерализующих добавок [2].

Минерализующие добавки – это вещества, которые способствуют формированию клинкерных минералов при более низких температурах обжига. Применение этих добавок позволяет уменьшить расход топлива и, как следствие, снизить энергетические затраты на производство цемента. Минерализаторы позволяют повысить реакционную способность сырья при обжиге клинкера и ускорить физико-химические процессы. Применение минерализаторов позволяет не только снизить температуру обжига, но и улучшить структуру клинкера, повысить содержание алита (C_3S) и уменьшить количество свободного CaO . Кроме того, минерализующие добавки могут улучшить качество клинкера, повысить его прочность и долговечность [2, 3].

В процессе производства цементного клинкера хорошо себя зарекомендовали и получили широкое применение в промышленных

масштабах фторсодержащие минерализаторы, а также промышленные отходы, в состав которых входят фтористые соединения [3-6].

Наиболее эффективным и распространенным минерализатором является плакиковый шпат, однако он имеет ограниченное применение в производстве цемента из-за небольших запасов природного сырья и его значительной стоимости. В качестве альтернативного подхода можно рассматривать применение побочного продукта, образующегося при электролитическом производстве алюминия – электродного боя. Основным отличием электродного боя от фторида кальция является то, что фтор в данном продукте содержится в криолите. Кроме криолита и углерода электродный бой содержит в своем составе достаточно большое количество примесей, которые могут оказывать влияние на процессы клинкерообразования [4-6].

Поэтому целью данной работы является исследование эффективности техногенного продукта электролитического производства алюминия в качестве минерализатора, а также сравнение его с действием криолита в качестве минерализатора.

Для проведения исследований использовалась сырьевая смесь, рассчитанная на получение рядового клинкера (табл. 1), со следующими характеристиками: $KH=0,91$; $n=2,26$; $p=1,17$.

Таблица 1 – Химический состав сырьевой смеси и клинкера, %

	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	CaO	MgO	SO₃	R₂O	ППП
Сырьевая смесь	14,31	3,41	2,93	43,13	0,33	0,11	0,48	35,30
Клинкер	22,12	5,27	4,53	66,66	0,51	0,17	0,74	–

Для изучения влияния минерализаторов на свойства клинкера использовались следующие добавки: электродный бой, образующийся при производстве алюминия, и криолит. Эти компоненты вводили в сырьевую смесь в таком объеме, чтобы обеспечить концентрацию ионов фтора (F⁻) на уровне 1 %. Затем из подготовленных составов прессовались таблетки массой по 15 г, которые подвергались обжигу в лабораторной печи при температуре 1350 °С, с выдержкой 1 час и последующим резким охлаждением на воздухе. Для сравнения использовалась сырьевая смесь без введения минерализатора, которая обжигалась при температуре 1450 °С, также с выдержкой 1 час.

Для оценки характеристик полученных клинкеров применялись методы рентгенофазового и петрографического анализа.

Рентгенофазовый анализ (рис. 1) показал, что синтезируемые образцы клинкера имеют практически идентичный фазовый состав. Во всех образцах присутствуют основные клинкерные минералы – алит (C_3S) и белит (C_2S), при этом свободный оксид кальция не обнаружен.

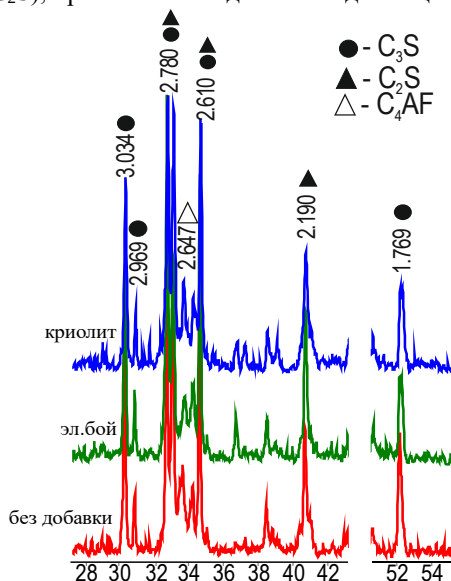


Рис. 1. Фрагменты рентгенограмм синтезируемых клинкеров

Методом петрографического анализа была изучена микроструктура синтезированных клинкеров (рис. 2). Результаты показали, что все исследуемые образцы имеют четкую микроструктуру. Алитовая фаза представлена отдельными мелкими кристаллами, имеющими шестиугольную и призматическую формы. Фаза белита, присутствующая в незначительном количестве, представлена светлыми кристаллами округлой формы.

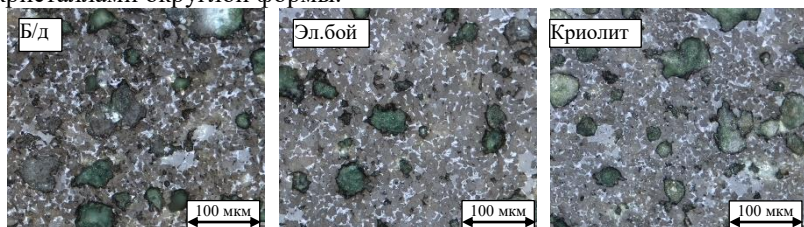


Рис. 2. Микроструктура синтезированных клинкеров

Сравнительный анализ микроструктуры клинкеров позволил выявить, что фаза алита в бездобавочном клинкере характеризуется правильной формой кристаллов со средним размером зерен 15-25 мкм, также наблюдаются и более мелкие кристаллические образования, достигающие примерно 9 мкм. Введение минерализаторов приводит к более плотному расположению зерен алита, они приобретают неправильную форму, срastaются друг с другом, а их размерный диапазон составляет 10-15 мкм, однако присутствуют и более крупные зерна размером 25-35 мкм. Белитовая фаза, представленная единичными кристаллами величиной 15-20 мкм, встречается во всех исследуемых образцах очень редко. Таким образом, основное различие между бездобавочным клинкером и с минерализаторами заключается в изменении формы и распределения зерен алита, которые под воздействием добавок формируют плотную и сросшуюся структуру.

Полученные в ходе исследования данные позволяют говорить о возможности применения электродного боя и криолита в качестве минерализаторов при синтезе клинкера. Основной эффект от введения добавок заключается в интенсификации процессов клинкерообразования, что позволяет снизить температуру обжига до 1350 °С, без существенного изменения в фазовом и минералогическом составе по сравнению с бездобавочным клинкером, синтезированным при стандартной температуре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щур А.В., Бышов Н.В., Казаченок Н.Н., Шемякин А.В., Скриган А.Ю., Шилова И.В., Виноградов Д.В. Энергосбережение. Учебное пособие. Рязань: ИП Жуков В.Ю., 2020. – 260 с
2. Ситько М.К., Стародубенко Н.Г. Исследование влияния минерализаторов на процесс обжига портландцементного клинкера. Труды БГТУ, 2016, № 3, с. 106-110
3. Лугинина, И.Г. Механизм действия минерализаторов и клинкерообразование цементной сырьевой смеси: Курс лекций / И.Г. Лугинина // – М., 1978. – 74с.
4. Черкасов А.В., Мишин Д.А., Перескок С.А. Использование плавикового шпата для увеличения производительности цементной вращающейся печи // Технологии бетонов. 2014. №7. с. 24–25
5. Бахарев М. В., Москаленко А. Н. Искусственный плавиковый шпат и его применение в цементной промышленности. Цемент и его применение. 2016. №2. С. 50–53.

6. Новоселов А.Г., Дреер Ю.И., Новоселова И.Н., Васина Ю.А. Эффективность использования техногенного продукта электролитического производства алюминия в качестве минерализатора при обжиге портландцементного клинкера // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 5. С. 71–80.

УДК 72.012.02

Лунев А.В.

*Научный руководитель Черныш Н.Д., доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ (МФК) КАК СЛОЖНЫЙ ОБЪЕКТ ТИПОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ И КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ

В настоящее время города застраивают очень плотно, максимально используя каждый участок земли. В такой ситуации многофункциональные комплексы (МФК) принято считать наилучшим решением. Многофункциональные комплексы объединяют жилые пространства, офисные помещения, торговые площади и зоны для отдыха. Однако из-за сложности совмещения различных функций в одном здании, традиционные методы классификации становятся менее эффективными. Прежние системы, которые учитывают лишь один или два признака, не позволяют описать более сложную структуру, что создает проблемы при кадастровом учете [1].

Целью данного исследования является комплексный анализ проблем, связанных с классификацией многофункциональных комплексов, и разработка более гибкой системы критериев для их типологизации. В условиях стремительного урбанистического развития и усложнения городской среды, многофункциональные комплексы представляют собой сложные, многокомпонентные объекты, требующие детального изучения и систематизации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. Определить сущность многофункциональных комплексов как ключевых элементов городской инфраструктуры, обладающих высокой степенью интеграции различных функциональных зон.

2. Провести критический анализ существующих методологических подходов к классификации МФК, выявить их

сильные и слабые стороны, а также ограничения, препятствующие созданию более точной и универсальной типологии.

3. Разработать многофакторную модель систематизации многофункциональных комплексов, учитывающую широкий спектр характеристик, таких как архитектурно-планировочные решения, функциональные параметры, социально-экономические аспекты и экологические факторы.

Таким образом, данное исследование направлено на углубление теоретических знаний в области урбанистики и архитектуры, а также на создание практических инструментов для более эффективного управления и планирования развития городской среды.

Многофункциональный комплекс (МФК) представляет собой не просто архитектурное сооружение, объединяющее различные функциональные зоны, но и сложную интегрированную систему, в которой элементы взаимодействуют синергетически, создавая уникальную среду для жизни, работы и отдыха [2]. Основные характеристики таких комплексов включают:

1. Наличие как минимум трех взаимосвязанных функциональных зон, таких как торгово-развлекательная инфраструктура, офисные пространства и гостиничные комплексы. Эти зоны образуют полифункциональную структуру, обеспечивающую диверсификацию использования пространства и повышение его экономической эффективности.

2. Четкую дифференциацию пространства на общедоступные зоны (например, атриумы и вестибюли) и закрытые помещения, предназначенные для ограниченного круга лиц (жилые и офисные блоки). Такое зонирование может быть реализовано как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости, что способствует оптимизации потоков пользователей и повышению уровня комфорта.

3. Интеграцию всех функциональных зон посредством системы переходов, галерей и общих холлов, обеспечивающих беспрепятственное перемещение между различными частями комплекса. Это способствует формированию единого пространственного континуума и повышению связности инфраструктуры.

4. Взаимодополняемость функций различных зон, что выражается в синергетическом эффекте между пользователями комплекса. Например, жители комплекса часто становятся клиентами местных кафе и ресторанов, а сотрудники офисов, в свою очередь,

становятся покупателями в расположенных поблизости магазинах и торговых центрах.

5. Крупные многофункциональные комплексы, как правило, становятся новыми центрами притяжения, оказывая значительное влияние на социально-экономическое развитие прилегающих районов. Они способствуют формированию полицентрической городской структуры, диверсификации экономических функций и повышению качества жизни населения.

Многофункциональные комплексы представляют собой сложные архитектурно-функциональные образования, которые трудно классифицировать по единому критерию [3]. Это обусловлено их многогранной природой, интегрирующей различные функциональные элементы и целевые назначения.

В академической литературе [4, 5] и профессиональной практике существует несколько подходов к типологизации МФК, каждый из которых обладает своей спецификой и обоснованностью:

1. Функциональная классификация: данный метод основывается на доминирующей функции комплекса, которая может быть торговой, деловой или жилой. Однако в современных условиях наблюдается тенденция к интеграции нескольких функциональных типов в одном проекте, что делает эту классификацию менее релевантной.

2. Локационная классификация: МФК дифференцируют в зависимости от их местоположения в городской среде. Выделяют центральные районы, периферийные зоны и комплексы, расположенные в рамках транспортных узлов, что существенно влияет на их функциональное назначение и архитектурные особенности.

3. Архитектурно-пространственная классификация: этот подход фокусируется на структурно-планировочных решениях МФК. Различают башни (вертикально ориентированные комплексы), площади (горизонтально ориентированные структуры) и смешанные типы, которые сочетают в себе элементы обеих архитектурно-пространственных моделей.

Каждый из этих подходов имеет свои достоинства и ограничения, что подчеркивает сложность и многогранность феномена многофункциональных комплексов. В условиях динамичного развития градостроительства и архитектуры, данная типология требует постоянного обновления и адаптации к новым тенденциям и вызовам.

В рамках исследования многофункциональных комплексов как сложных архитектурных и социокультурных феноменов можно

выделить ряд ключевых проблем, требующих детального анализа и комплексного подхода к их решению.

1. Размывание функциональных границ. Современные многофункциональные комплексы демонстрируют тенденцию к интеграции различных видов деятельности, таких как жилая, деловая и торговая функции, в рамках единого пространства. Это приводит к необходимости переосмысления традиционных классификаций и подходов к типологизации архитектурных объектов.

2. Появление новых форматов. В последние десятилетия наблюдается возникновение и развитие новых форматов использования пространства, таких как коворкинги, креативные кластеры и многофункциональные культурные центры. Эти явления затрудняют их анализ и оценку с точки зрения традиционных критериев.

3. Упрощённый подход к оценке. Часто при анализе многофункциональных комплексов основное внимание уделяют лишь экономическим показателям, без учёта социальной и культурной значимости. Это может привести к недооценке комплексного воздействия таких объектов на городскую среду и общество в целом.

4. Отсутствие унифицированных стандартов. В условиях разнообразия архитектурно-функциональных решений и культурных контекстов создание единого стандарта для оценки МФК представляется практически невозможным.

5. Влияние контекста. Функционирование МФК существенно зависит от местоположения и контекста. В центре города такие объекты могут выполнять роль ключевых узлов городской инфраструктуры, тогда как в спальных районах они могут стать важными элементами локального сообщества, способствуя развитию общественной жизни и повышению качества городской среды.

Для решения указанных проблем предлагается проводить комплексную оценку по нескольким критериям [6]:

1. Функции и содержание: Необходимо определить, какой элемент преобладает в комплексе: жилье, рабочие места, услуги или развлечения. Важно понять, как эти функции взаимосвязаны: дополняют ли они друг друга или, наоборот, создают препятствия. Также следует уточнить, для кого предназначен комплекс: для постоянного проживания, всех жителей города или туристов.

2. Пространства и планировка: Как организовано внутреннее пространство? Это высотное здание, протяженное строение или группа зданий (кластер)? Каким образом люди перемещаются внутри: через большой общий атриум, по коридорам или открытым переходам?

Насколько гибкими являются планировки? Можно ли их легко адаптировать под новые задачи?

3. Градостроительное окружение: Где расположен комплекс? В центре города, на периферии, рядом с транспортной развязкой или на территории бывшего завода? Какова его роль в городской среде? Важен ли он для всего города, района или более ограниченной территории? Насколько он «открыт» для города? Становится ли он частью городской ткани или остается замкнутой, обособленной структурой?

4. Социальные и экономические факторы: Какую социальную функцию выполняет комплекс? Это элитный проект, массовое жилье или ориентированный на узкую группу? На какой экономической основе он функционирует? Является ли это чисто коммерческим проектом или государственным заказом? Стал ли он символом города?

Такой подход даёт возможность не только присвоить многофункциональному комплексу (МФК) статус «торговый центр», но и составить его детальный профиль. Этот метод обеспечивает значительно более глубокое и точное понимание структуры [7].

Проведённое исследование показало, что традиционные методы классификации МФК, основанные на одном или нескольких критериях, больше не соответствуют современным требованиям. Современные комплексы представляют собой сложные, многокомпонентные объекты, роль которых существенно зависит от контекста. Предлагаемая система параметров позволяет отойти от жёстких классификаций в пользу более гибкого описания, что позволяет проводить более точный анализ и разрабатывать проекты, которые действительно учитывают сложную природу этих объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гутнов А. Э. Эволюция градостроительства / А. Э. Гутнов. Москва: Стройиздат, 1984. 256 с. URL:<https://books.totalarch.com/> (дата обращения: 25.10.2025).

2. Иконников А. В. Функция, форма, образ в архитектуре [Электронный ресурс] / А. В. Иконников. Электрон. Текстовые дан. Москва: Стройиздат, 1986. 288 с.

3. Федяева Н. А., Набокова Т. Б. Многофункциональные жилые комплексы. Москва: МАРХИ, 1981. 122 с.

4. Солодилова Л. А., Трухачёва Г. А. Многофункциональный жилой комплекс. Москва: Изд-во АСВ, 2009. 152 с.

5. Функций много — комплекс один. URL:<https://realnoevremya.ru>

6. Черныш Н. Д., Тарасенко В. Н. Современные условия создания комфортного архитектурного средового пространства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №. 1. С. 101—104.

7. Василенко Н. А., Черныш Н. Д. Определение и обоснование функциональной структуры архитектурных объектов на основе системного подхода // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. №1. С. 74—88.

УДК 628.31

Лушников А.С.

*Научный руководитель: Старостина И.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОЧИСТКА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

В ходе различных технологических процессов на промышленных предприятиях образуются многокомпонентные сточные воды различных составов [1, 2]. При поступлении в водные экосистемы они наносят непоправимый вред водной флоре и фауне. Возникает необходимость снижения негативного воздействия на водную среду сточных вод предприятий различных отраслей промышленности, в т. ч. и предприятий АПК, путем достижения высокой эффективности очистки.

Кроме опасности загрязнения водных объектов не менее остро стоит вопрос накопления разнообразных отходов [3]. Только в Белгородской области образуется до 1 млн. т в год различных промышленных отходов, более 70% которых накапливаются на промышленных полигонах.

Стоки цеха убоя и потрошения птицефабрик представляют собой сложную, насыщенную систему, содержащую высококонцентрированные загрязнения органического и минерального характера. Это - перо, пух, кровь, жир, части шкуры, песок, каныга, моющие средства и т.п. Большая часть жиров присутствует в стоках в эмульгированном состоянии. Высокую цветность в стоках обуславливает наличие пигментов мяса и белков крови. Сточные воды образуются практически на всех этапах производства [4, 5].

Для очистки сточных вод используются, преимущественно, физико-химические методы с применением традиционных реагентов – коагулянтов в виде соединений железа и алюминия, и флокулянтов -

полимерных компонентов – полиакриламида и его производных. Это достаточно дорогостоящие химически чистые соединения, использование которых отражается на удорожании всей системы водотведения предприятий АПК. Поэтому, разработка новых, более дешевых реагентов является в настоящее время одной из актуальных задач.

Нами разработан коагулянт-флокулянт комбинированный (КФК) с условным обозначением Б1, полученный в результате химической модификации железосодержащего отхода металлургического производства [6-7]. Целью данных исследований является анализ эффективности применения Б1 в сравнении с традиционно используемым сульфатом железа (III) марки Ferix-3 для очистки многокомпонентных сточных вод предприятий агропромышленного комплекса.

Эксперименты проводили в лабораторных условиях. В качестве опытных водных сред использовали сточные воды цехов убоа, отобранные на предприятиях Белгородской области - «Колхоз им. В.Я. Горина» и ООО «Приосколье».

В качестве реагентов использовали сульфат железа (III) марки Ferix-3 и реагент Б1 с расходом 0,6 г/дм³.

Перемешивание проб сточных вод объемом 500 см³ и реагентов осуществляли в стаканах объемом 1 дм³, доводили pH среды до 8 единиц добавлением 2Н NaOH. Смесь перемешивали с использованием магнитной мешалки: время быстрого перемешивания составляло 2 мин., медленного – 8 мин. Далее пробы переливали в цилиндры, время отстаивания составило 1 час. Осветленную часть отделяли от осадка и анализировали в аккредитованной испытательной лаборатории ООО «Центр экологического сопровождения и экспертизы» (ООО «ЦЭС и Э») на мутность, содержание жиров, ХПК и БПК₅. Результаты исследований по очистке стоков цехов убоа анализируемых предприятий представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1- Результаты исследований очищенной воды цеха убоя «Колхоз им. В.Я. Горина» после использования реагентов

Определяемый показатель (характеристика)	Исходная сточная вода	Образцы реагентов			
		Ferix-3		Б 1	
		содержание	эффективность, %	содержание	эффективность, %
Мутность, ЕМФ	349	122	65	88,9	74,5
Массовая концентрация жиров, мг/дм ³	21,5	5,4	74,8	5,5	74,4
ХПК, мгО/дм ³	7350	4140	43,7	2520	65,7
Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅), мгО ₂ /дм ³	3420	1886	44,8	1127	67

Таблица 2- Результаты исследований очищенной воды цеха убоя ООО «Приосколье» после использования реагентов

Определяемый показатель (характеристика)	Исходная сточная вода	Образцы реагентов			
		Ferix-3		Б 1	
		содержание	эффективность, %	содержание	эффективность, %
Мутность, ЕМФ	1069	119	88,9	185	82,7
Массовая концентрация жиров, мг/дм ³	58,6	18,4	68,6	77,3	87,5
ХПК, мгО/дм ³	8850	1410	84,1	2110	76,2
Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅), мгО ₂ /дм ³	4106	647	84,2	955	76,7

Результаты очистки сточных вод, представленные в табл.1 и 2, показали, что эффективность использования разработанного реагента Б1 не уступает сульфату железа (III) – коагулянту, хорошо

зарекомендованному и широко применяемому в системах водотведения.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им.В. Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Махлай К. А., Цейтлин М. А., Райко В. Ф. Очистка сточных вод убойного цеха птицефабрики коагуляцией //Вісник НТУ «ХПІ. – 2019. – №. 10. – С. 1335.

2. Nacheva, P. M. Treatment of slaughterhouse wastewater in upflow anaerobic sludge blanket reactorP. M. Nacheva et al. Treatment of slaughterhouse wastewater in upflow anaerobic sludge blanket reactor / P. M. Nacheva, M. R. Pantoja, E. A. Serrano // Water science and Technology. – 2011. – Т. 63. – №. 5. – P. 877-884. doi: 10.2166/wst.2011.265.

3. Свергузова С. В. и др. Влияние условий модификации пыли ЭСПЦ на ее коагуляционные свойства //Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19. – №. 3. – С. 113-115.

4. Bustillo-Lecompte, C. F. Combined anaerobic-aerobic and UV/H₂O₂ processes for the treatment of synthetic slaughterhouse wastewater / C. F. Bustillo-Lecompte, M. Mehrvar, E. Quiñones-Bolaños // Journal of Environmental Science and Health, Part A. – 2013. – 48. – 9. – P. 1122-1135.

5. Sugito, D. K. The effect of BOD remove influent to remove pollutant load in waste water of chicken slaughterhose / D. K. Sugito // ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – №11. – P. 3519 – 3524. doi: 10.1080/10934529.2013.774662.

6. Лушников А.С., Лифинцев А.Н., Старостина И.В. Использование реагентов комбинированного действия для очистки многокомпонентных сточных вод предприятий АПК // Актуальные аспекты и перспективы развития современной биотехнологии: сб. докл. Межд. науч. конф., Белгород, 26-28 марта, 2024 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2024. – 376 с.

7. Свергузова С. В., Беловодский Е. А. Пылевые отходы заводов ЖБИ как альтернативный материал для очистки сточных вод // Chemical Bulletin. – 2018. – Т. 1. – №. 4. – С. 50-57.

Ляхова О.Р.

*Научный руководитель: Лаврова Ю.С., канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ CRM-СИСТЕМЫ

В настоящее время мы являемся свидетелями цифровизации бизнеса практически во всех сферах. Вопрос автоматизации процессов управления клиентскими отношениями приобретает первостепенное значение, поэтому системы CRM (Customer Relationship Management) становятся не просто оптимизационной мерой, а одним из наиболее стратегических значимых направлений корпоративной трансформации. Их внедрение позволяет повысить качество обслуживания, сократить рутинные операции и обеспечить компаниям более точную аналитику. Опыт показывает, что именно через эти механизмы организация получает возможность не только эффективно удерживать текущую клиентскую базу, но и масштабно привлекать новых потребителей [1].

Тем не менее, наряду с очевидными преимуществами, внедрение подобных систем требует значительных финансовых вложений. Это вызывает закономерный вопрос: насколько оправданы такие инвестиции и каким образом можно правильно измерить их реальную эффективность?

CRM – это гораздо более широкое понятие, чем просто программное обеспечение. Ее основная задача заключается в объединении всей информации о клиентах в единую систему, автоматизации взаимодействий и повышения точности бизнес-процессов.

Оценка эффективности внедрения CRM-систем требует анализа как финансовых, так и нефинансовых показателей. Обычно к первым относят увеличение выручки, ощутимое сокращение операционных расходов и срок окупаемости проекта. К нефинансовым же – рост удовлетворенности клиентов, повышение эффективности внутренних процессов, а также скорость реакции на рыночные изменения.

Есть отличительная особенность CRM по сравнению с другими корпоративными решениями (ERP, BI и др.). Она заключается в ее прямом влиянии на клиентский опыт и финансовые потоки, связанные с повторными продажами. Это означает, что CRM генерирует как легко поддающиеся количественной оценке (выручка, затраты) эффекты, так

и сложные для измерения качественные выгоды (лояльность, удовлетворенность) [2].

Существует несколько проверенных подходов. Они применяются для комплексной оценки успешности CRM-проектов.

Финансовые методы:

- ROI (Return On Investment) – по-прежнему остается базовой и наиболее часто используемой метрикой. Ее суть выражается формулой: $ROI = (\text{Доходы} - \text{Затраты}) / \text{Затраты} * 100\%$.

- NPV (Net Present Value) – метод чистой приведенной стоимости. Он учитывает временную стоимость денег и дисконтирует будущие потоки.

- IRR (Internal Rate of Return) – внутренняя норма доходности, при которой NPV проекта равна нулю.

- Payback Period – срок окупаемости инвестиций, показывающий за какой период проект компенсирует вложения.

Еще есть нефинансовые (качественные) методы. К ним относятся:

- Индексы удовлетворенности клиентов, включая CSI (Customer Satisfaction Index) и NPS (Net Promoter Score). Эти показатели позволяют оценить результат и качество самого процесса взаимодействия с клиентами.

- Сокращение времени цикла сделки является прямым индикатором операционных улучшений.

- Повышение точности прогнозирования и рост производительности труда в отделе продаж. Они отражают качественные изменения в организации работы.

Также существуют интегральные (комплексные) подходы. К ним относятся система сбалансированных показателей (BSC), методика TEI и KPI-модели для CRM-проектов [3].

Определение ключевой метрики ROI, было описано выше. Доходы в формуле обозначают полученную выгоду от реализации проекта, а затраты – все расходы на внедрение и последующую эксплуатацию системы.

Прямые эффекты включают рост выручки, сокращение операционных издержек (например, на обработку заказов), а также увеличение количества повторных продаж. А косвенные проявляются в повышении лояльности клиентов, улучшения качества коммуникаций и снижения текучести персонала за счет автоматизации.

Можно описать ключевые метрики для оценки CRM. К ним относится:

- процентное увеличение конверсии лидов;

- сокращение времени отклика на любой запрос клиента;
- доля повторных заказов;
- снижение операционных расходов на продажу.

Российская аналитика подтверждает значительный потенциал CRM-проектов. Так, по данным CIS Magazine, целевые CRM-кампании способны приносить до 500% возврата инвестиций. В отчетах также отмечается, что ROI CRM-проектов часто достигает 200-300%, а в отдельных случаях превышает эти показатели [4].

Оценка ROI имеет ряд методологических ограничений, несмотря на свою распространенность. Например, неполнота исходных данных и влияние внешних факторов, которые трудно выделить (конъюнктурные изменения на рынке и усиление конкуренции). Может возникнуть субъективная сложность оценки нематериальных выгод. К этому относится рост удовлетворенности клиента, укрепление бренда и др. Также может возникнуть риск переоценки будущих доходов или наоборот недооценка суммарных затрат. Часто это приводит к неоправданно завышенным ожиданиям от проекта.

Для минимизации этих рисков следует придерживаться следующих рекомендаций. Необходимо максимально учитывать все затраты на проект – стоимость лицензий, внедрение, обучение, а также расходы на долгосрочную поддержку. Крайне важно вовлекать в процесс реализации как конечных пользователей, так и управленческий персонал. Следует использовать модели ROI, которые учитывают специфические особенности и реалистичные сроки окупаемости [5].

Комплексная оценка эффективности внедрения CRM-системы требует применения интегрированного подхода. Обязательно он включает в себя как строгие финансовые, так и качественные нефинансовые методы. Показатель ROI является центральным и ключевым для определения экономической отдачи. Однако, он не должен быть единственным. Для объективного анализа важно учитывать влияние CRM на качество бизнес-процессов, уровень клиентской удовлетворенности и общую производительность компании.

Финансовые методы (ROI, NPV, IRR) являются незаменимыми инструментами для количественной оценки экономического эффекта. В то же время нефинансовые показатели (CSI, NPS, среднее время обработки заявки) позволяют судить о достижении стратегических целей и устойчивом развитии организации.

Систематическое и грамотное использование метрик ROI в сочетании с моделями KPI позволяет руководству принимать

обоснованные решения о дальнейших инвестициях. Также отслеживать текущую результативность CRM-проектов и управлять всеми необходимыми организационными изменениями.

В перспективе методы оценки эффективности CRM будут все активнее интегрироваться с технологиями искусственного интеллекта и продвинутой аналитикой. Это позволит прогнозировать отдачу от внедрения с высокой точностью. Исследования уже фиксируют, что проекты, в которых используются AI-модули демонстрируют заметно высокий ROI и устойчивую положительную динамику.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кадацкая Д.В., Развитие технологического предпринимательства на современном этапе: барьеры и вызовы / Д.В. Кадацкая, Ю.С. Лаврова, В.И. Груздов // конференция «Трансформации и риски современности: междисциплинарные исследования» Экономика. Общество. Человек. материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Том 1. Выпуск XXXIX. Белгород: Изд-во Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 166-170.

2. Оценка эффективности цифровых решений – Э. Режим доступа: <https://www.it-world.ru> (15.10.2025)

3. Как рассчитать эффективность внедрения CRM-системы – Э. Режим доступа: <https://sbercrm.com> (15.10.2025)

4. ROI внедрения CRM: мнения экспертов и аналитические данные – Э. Режим доступа: <https://nbmit.ru> (15.10.2025)

5. Окупаемость инвестиций в CRM: измеряйте и максимизируйте прибыль от CRM – Э. Режим доступа: <https://www.vtiger.com> (16.10.2025)

УДК 712

Макаренко В.А.

Научный руководитель: Ярмош Т.С.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия.*

ВОДНО-ЗЕЛЕНый КАРКАС, ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДАХ

Процесс урбанизации с каждым днем становится все более и более масштабным. Роль городов в жизни современного человека трудно

переоценить. Более половины, а именно около 75 % населения Российской Федерации проживает в городах [1], лишь 25% остаются жить в сельской местности. Аналогичная ситуация прослеживается и в странах Европы и Азии, что подтверждает общемировую тенденцию к урбанизации. По всем своим характеристикам город – это искусственно созданная среда, являющаяся полной противоположностью натурального и естественного, «природного». Однако при всей своей «искусственности», город неспособен существовать отдельно от окружающей его среды. Так или иначе городская среда подчиняется природным условиям, климату, рельефу, в котором формируется. Не менее важно помнить, что для возвращения здоровой личности необходима гармония между искусственной городской средой и естественным природным началом. В связи со всем вышесказанным хочу подвести к наиболее оптимальному для современных городов решению – водно-зеленый каркас (Рис.1).



Рис.1 Сгенерированное изображение эко-города

Данный вопрос за последнее десятилетие стал все чаще звучать на конференциях относящимся к экологии и городской среде [2-4]. Водно-зеленый каркас представляет собой комплекс мер по сохранению существующего природного ландшафта, созданию ряда новых зеленых и водных зон рекреации, таких как парки, скверы, набережные, облагораживание деградирующих природных зон в городской среде. Как единая паутина, непрерывными нитями такая система пронизывает город, создавая устойчивый микроклимат, а также улучшая экологическую обстановку, принимая на себя основной удар всех негативных испарений. Е.Ю. Колбовский предложил определение экологического каркаса города как средостабилизирующей территориальной системы, целенаправленно формируемой для улучшения экологической ситуации урбанизированных территорий, состоящей из различных по типу, размерности и функциональному

назначению элементов культурного ландшафта [5]. Не существует единой схемы ВЗК, ведь все они формируются индивидуально для каждого города, опираясь на особенности его природного ландшафта и структуры города. Однако можно выделить основные элементы такой системы:

- Ядро:
 - Основные зеленные массивы парков, лесопарков, лесов;
 - Водные объекты (главная городская река/сеть рек, озера, водохранилища);
- Зеленое кольцо города;
- Связующие, транзитные элементы между крупными зонами (аллеи, скверы, водные каналы).

Системы экокarakаса всегда индивидуальны, но роли его элементов остаются неизменны. Ключевыми позициями, ядрами, выступают крупные зеленые насаждения в виде лесопарков. Как правило эти зоны начинаются еще за пределами города и лишь незначительно, по сравнению со своим основным масштабом, проникают в него. Часто на территории таких насаждений организуют зоны отдыха с палатками и зонами для рыбалки, кемпинга. В своей статье «Особенности формирования экологического парка на городском острове как ядра водно-зеленого каркаса в городе Астрахани» Аркадьева В.В. и Школьников И.Г. подробно описывают вариант разработки эко-парка как главного элемента водно-зеленого каркаса [4]. В отличие от парка в его традиционном понимании, где люди выступают лишь наблюдателями и гостями, экологический парк дает возможность для прямого взаимодействия человека и природы. Такие проекты особенно хороши для воспитания в человеке осознанности по вопросам охраны окружающей среды. Экологические парки и парки традиционные важно создавать и формировать с опорой на естественную природу, характерную индивидуально для региона, где происходит проектирование. Сохранение природы в ее первозданном виде является первостепенной задачей таких объектов, а также одной из ключевых задач зеленого каркаса современного города.

Другой вариант ядра экокarakаса – река. В городах, где водоем занимает центральное место в ландшафте (Санкт-Петербург, Воронеж, Ростов-на-Дону) ключевыми элементами становятся набережные. Водные объекты сами по себе являются градоформирующими элементами в экологическом каркасе, ведь любой город, возведенный на реке, формируется в первую очередь, подчиняясь форме береговой линии, повторяя естественную границу суши. В регионах, где более

развита гидрографическая сеть с крупными водными объектами, большое внимание уделяется созданию рекреационных и природных зон именно вдоль водоемов. Не забывая об интеграции их в городской ландшафт [Многоуровневый подход к формированию водно-зеленого каркаса города с применением водосберегающих технологий]. Гармоничное объединение набережных с городской жилой/общественной застройкой происходит за счет внедрения линейных объектов, таких как велодорожки, беговые маршруты. Эти элементы позволяют укрепить образовавшуюся посредством грамотного проектирования связь между зоной природной и зоной городской. Кроме линейных объектов, на набережных устраиваются зоны отдыха и рекреации с точками питания. Особое внимание стоит уделить созданию защитных сооружений, дополнительным фильтрам на предприятиях. Необходимы регулярные очистки рек от поросли и мусора. Этим, например, занимаются такие проекты как «Экологическое благополучие» и «Наши реки».

В независимости от вида, ядро выступает главной точкой притяжения городского населения, основной рекреационной зоной.

Зеленое кольцо города – искусственно созданная непрерывная полоса зеленых насаждений вокруг городской территории. Она выступает барьером против загрязнений воздуха, защищает от шума и пыли трассы. Благодаря такому зеленому ограждению в городе образуется собственный стабильный микроклимат. Часто в этих зонах расположены веломаршруты, самым ярким примером реализации такого элемента зеленого каркаса может послужить столица нашей страны – Москва. Там ежегодно проводятся эстафеты по бегу и велопрокату на территории «Зеленого кольца». Проект «Зеленое кольцо» столицы был разработан в 2014 году австрийским специалистом по транспортному планированию Майклом Цайлером [6]. Проведя глубокий анализ существующей градостроительной ситуации, а также реализовав множество опросов среди местных жителей, проектировщик с его командой нашли оптимальное решение для столицы. Длина веломаршрута кольца около 75 километров. Непрерывной линией объединены 15 крупных парков и лесопарков. При разработке проекта автор опирался на уже реализуемые работы своих западных коллег. Так, аналогичное «зеленое кольцо» существует в Копенгагене, Гамбурге, Нью-Йорке.

Связующие элементы, как не трудно догадаться, нужны непосредственно для объединения всех фрагментов в единое целое. Аллеи и скверы, искусственно выкопанные каналы и водоемы – все эти

фрагменты могут выступать транзитом между основными элементами экокаркаса. Взаимосвязь всех фрагментов необходима не только для гармоничного перехода между зонами, но в первую очередь для живых организмов, животных и насекомых, птиц. Это позволит им беспрепятственно перемещаться внутри живой зеленой сети [7]. Связь необходима всех видов: коммуникативные (пешеходные, велосипедные, речные), культурная, природная. Без грамотного подхода к организации экологически чистой среды, а также рационального устройства и внедрения зеленых зон в планировочные схемы городов и пригородов нельзя представить существование «умного», а главное безопасного для жизнедеятельности людей города [8].

План по разработке экокаркаса:

- Макроуровень (вся городская территория)
- Мезоуровень (отдельные кварталы)
- Микроуровень (конкретные городские пространства)

Разработка экокаркаса должна начинаться с макроуровня, от общего к частному. Так, начиная с определения основных точек притяжения населения, градостроитель постепенно анализирует сначала город в целом, после каждый район по отдельности. Зеленые зоны должны быть равномерно распределены по всей территории, иметь свободный доступ. На данный момент в подавляющем большинстве городов функционируют лишь «островки природы», отдельные друг от друга элементы [9]. Объединение эко зон не происходит сразу, однако важно заранее разработать план по озеленению города, где поэтапно будут прописаны все необходимые мероприятия. Уже на микроуровне [10].

Создание водно-зеленого каркаса — это не только про высадку новых деревьев и прокопку каналов. Это комплексные мероприятия, включающие в себя дополнительные меры по очистке и контролю вредных отходов на предприятиях, сортировка и грамотный вывоз мусора, воспитание в людях любви к окружающему их миру. Необходима совместная работа не только архитекторов и градостроителей, но и экологов, экономистов и даже политологов [11]. Чтоб создавать грамотные города, сосуществующие едино с природой, нужно в первую очередь создавать их думая о всем живом, что есть на нашей планете. О природе, о земле, о людях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики : [сайт]. — URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 14.10.2025).
2. Новосибирские власти делятся опытом создания водно-зеленого каркаса города / [Электронный ресурс] // Rg.ru : [сайт]. — URL: <https://rg.ru> (дата обращения: 15.10.2025).
3. Романова Е.А. Основные тенденции развития городских зеленых пространств за последние 15 лет и микроклимат районов города / Е.А. Романова [Текст] // Изменение климата в городах: формы и стратегии адаптации с особым рассмотрением роли российских городских садов. — Калининград:Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, Калининград, Россия, 2018. — С. 43-50.
4. Аркадьева, В. В. Особенности формирования экологического парка на городском острове как ядра воднозеленого каркаса в городе Астрахани / В. В. Аркадьева, И. Г. Школьников // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 4. — URL: <https://esj.today/pdf/15savn422.pdf>
5. Колбовский, Е.Ю. Ландшафтное планирование [Текст] / – М. : Академия, 2008. –348 с.
6. Урбанизация и «Зеленое кольцо» / [Электронный ресурс] // АфишаDaily : [сайт]. — URL: <https://daily.afisha.ru> (дата обращения: 20.10.2025).
7. Георгица И.М.// Специфика городского экологического каркаса // Ярославский педагогический вестник – 2011 – № 2 – Том III (Естественные науки)
8. Ярмош Т.С., Краснопивцева П.В., Галдин Р.Е., Алейникова Н.В. Формирование современного общественно-рекреационного пространства вдоль р. Северский Донец в г. Белгород // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 2. С. 65–75. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-7-2-65-75
9. Ощепкова, А. З. Экологическая инфраструктура: реальность, требующая осмысления / А. З. Ощепкова, В. А. Столбов // Проблемы и перспективы географических исследований : юбил. сб. науч. тр. – Пермь : Изд-во Перм. гос. ун-та, 2001. – С. 70–84.
10. Дубино А.М. Многоуровневый подход к формированию воднозеленого каркаса города с применением водосберегающих технологий // Architecture and Modern Information Technologies. 2025.

№2(71). С. 232-248. URL: <https://marhi.ru> DOI: 10.24412/1998-4839-2025-2-232-248 EDN: QOAOGO

11. Душкова, Д. О., Кириллов С.Н. Зеленая инфраструктура города: опыт германии 1 / Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 3, Экон. Экол. 2016. № 2 (35).С. 136-1 47.

УДК 72.025.4

Максименко Е.В.

Научный руководитель: Коренькова Г.В., доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

КОНСЕРВАЦИЯ КАК СОХРАНЕНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ПАМЯТНИКОВ ОТ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗРУШЕНИЯ

Консервация – это комплекс научных и производственных работ, включая противоаварийные меры, направленный на стабилизацию состояния объекта культурного наследия, находящегося под угрозой быстрого разрушения. При этом сохраняется существующий облик объекта и его предмет охраны [1].

Когда памятник находится в руинированном или аварийном состоянии, ключевую роль играет его консервация. Данный метод представляет собой не просто «консервацию» в бытовом понимании, а строгий алгоритм взаимосвязанных действий: от инженерного анализа и противоаварийных работ до химической защиты и создания оптимального микроклимата. Цель – не изменить облик объекта, а используя передовые научные методы, максимально продлить его жизнь, законсервировав текущее состояние

Процесс сохранения памятников культуры включает в себя комплекс взаимосвязанных мероприятий, которые можно разделить на несколько ключевых типов.

Подготовительные и противоаварийные работы. Это первоочередные действия: разбор завалов, анализ разрушений, временное укрепление конструкций и меры по предотвращению дальнейших повреждений. Их цель – оперативно стабилизировать объект и минимизировать ущерб.

Инженерная консервация. Направлена на долговечное укрепление сохранившихся конструкций с помощью специальных материалов и методов, включая усиление фундаментов.

Архитектурно-инженерная консервация. Включает меры по защите объекта от внешних разрушительных факторов: установку барьеров, улучшение дренажа, контроль микроклимата для сохранения внешнего вида и структуры.

Химическая консервация. Применение специальных химических составов для очистки, укрепления материалов памятника и защиты от коррозии.

Биологическая консервация. Борьба с биоповреждениями (плесень, грибок, насекомые) с помощью биоцидных средств и профилактических методов.

Ключевые принципы консервации при работе с объектами культурного наследия обязателен особый подход:

- использование обратимых материалов и методов;
- максимальное сохранение подлинных (аутентичных) элементов;
- тщательное документирование всех этапов работ;
- привлечение квалифицированных реставраторов;
- организация постоянного мониторинга и технического обслуживания.

В период консервации необходим регулярный контроль, включающий:

- визуальную проверку защитных конструкций;
- мониторинг работоспособности систем водоотвода;
- наблюдение за деформациями и просадками;
- оценку эффективности принятых защитных мер.

Задачи консервации – стабилизировать физическое состояние руин и сохранить остатки разрушенных сооружений. Эта практика применяется как в России, так и за рубежом.

Многочисленные примеры воплощения успешной консервации исторических объектов, основывается на профессиональном отечественном и зарубежном опыте. Цель консервации – стабилизировать физическое состояние руин и сохранить остатки сооружений, дошедших до наших дней в уже разрушенном виде.

Усадьба Рачинских в Татеве Тверской области – памятник архитектуры XIX века. Главный усадебный дом был взорван в 1943 году отступающим врагом. Усадебный комплекс находится в руинированном состоянии (рис. 1). В 2024-2025 годах были расчищены от зарослей постройки, проведено лазерное сканирование и разработан проект консервации.



Рис.1. Флигель усадьбы Рачинских в Татеве. Сегодняшнее состояние

Храмовый комплекс в селе Кибол рядом с Суздалем – образец провинциальной храмовой архитектуры в стиле позднего барокко. Комплекс включает зимнюю церковь Флора и Лавра (1808 год) и летний храм Николая Чудотворца (1750 год). Храмы долгие годы не эксплуатируются. Утрачены некоторые конструктивные элементы сооружений, и они стремительно разрушаются под воздействием природно-климатических факторов (рис. 2). В настоящее время для церкви Флора и Лавра определен перечень первоочередных противоаварийных работ. Архитектурным бюро «Кляйневельт Architekten» разрабатывается проект консервации храмового комплекса.



Рис. 2. Храмовый комплекс в селе Кибол Владимирской области. Сегодняшнее состояние

Руины мельницы Гергардта (мельницы им. Грудина) пример успешной сохранности открытой кладки без введения элементов конструктивного усиления (рис. 3). Пищевой перерабатывающий комплекс построен в начале XX века. Строение было возведено по технологии несущего железобетонного каркаса и

внешней оболочки из кирпичных стен. Во время Сталинградской битвы мельница была разрушена, но устоял ее несущий остов. Здание намеренно было сохранено в стадии разрушения, противоаварийные работы не проводились [2].

Благодаря изначально заложенной прочности конструкций мельница хорошо сохранилась. Тем не менее процессы разрушения идут. Для сохранения уникального памятника истории необходима его консервация, содержащая определенный алгоритм мероприятий.

Необходимо сохранить все уцелевшие исторические элементы, а аварийные обрушенные фрагменты – демонтировать. Укрепить кирпичную кладку, заполнив трещины. Очистить стены от растительности и обработать защитными составами (гидрофобными и биоцидными). Воссоздать утраченные детали по архивным документам, включая фронтоны и карнизы в их облике 1943 года. Для защиты некоторых элементов возможно использование мягкой кровли с имитацией кирпича. Необходимо оснащение здания инженерными системами (освещение, отопление, вентиляция) и архитектурной подсветкой фасадов.



Рис. 3. Мельница Гергардта – здание паровой мельницы начала XX века

Опыт консервации российских памятников указывает на перспективы развития этого направления. Цифровые двойники объектов, созданные благодаря 3D-сканированию, новые материалы с «памятью формы», системы постоянного мониторинга – все это превращает консервацию из разового мероприятия в процесс непрерывного «сопровождения» памятника. В будущем возможно создание модели, где каждый исторический объект будет иметь свой «цифровой паспорт» и индивидуальную программу консервационного сопровождения на десятилетия вперед. Это позволит не просто сохранять наследие, но и создавать точные прогнозы его состояния, делая процесс консервации более предсказуемым и эффективным [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ФЗ от 25.06.2002 г. № 73-ФЗ Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации / Глава VII. Сохранение объекта культурного наследия / Статья 41. Консервация объекта культурного наследия.

2. Храмы: восстановление, реконструкция, строительство / Н.Д. Черныш, Г.В. Коренькова. Белгород, Изд-во: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 2012. – 100 с.

3. Суханова Е.А. Методика консервации руин в реставрационной практике / Технические науки – от теории к практике: сб. статей по материалам XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. № 11(24). – Новосибирск: СибАК, 2013. – 85-90.

УДК 377.031.4

Максимова К.М., Кузовов А.С.

Научный руководитель: Епринцев М.А., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ УЧЕБНОГО СТЕНДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ

Современное состояние космической отрасли характеризуется интенсивным развитием технологий малых космических аппаратов, что требует соответствующей подготовки инженерных кадров, обладающих не только теоретическими знаниями, но и практическими навыками работы с реальным оборудованием [1]. Разработанный учебный стенд для определения центра масс малых космических аппаратов представляет собой эффективное средство для решения этой задачи. В данной статье рассматриваются перспективы его интеграции в образовательный процесс.

Перспективным направлением является интеграция дополнительных измерительных систем, таких как тензометрические датчики и лазерные измерители перемещений, которые повысят точность измерений и расширят демонстрационные возможности стенда. Разработка системы автоматической калибровки и поверки

обеспечит стабильность, а создание мобильного приложения для управления стендом повысит удобство работы с оборудованием.

Важным направлением является создание комплексного учебно-методического обеспечения. Для эффективного использования стенда в образовательном процессе планируется разработка виртуальной лабораторной работы с интерактивной 3D-моделью стенда, что особенно актуально для дистанционного обучения. Создание банка тестовых заданий и практических задач различного уровня сложности позволит дифференцировать подход к обучению. Подготовка методических указаний для самостоятельной работы студентов и разработка критериев оценки формируемых компетенций обеспечат системный подход к организации учебного процесса.

Перспективным представляется внедрение стенда в различные формы обучения. В рамках очной формы обучения стенд может использоваться для проведения лабораторных практикумов и практических занятий по дисциплинам, связанным с проектированием и испытаниями космической техники. Для дистанционной формы обучения возможна организация удаленного доступа к стенду через веб-интерфейс. Наиболее универсальным подходом является реализация смешанного обучения, сочетающего виртуальные эксперименты с работой на реальном оборудовании.

Интеграция стенда в образовательный процесс охватывает широкий спектр учебных дисциплин, формируя у студентов комплексное понимание проектирования и эксплуатации космических аппаратов [2]. Междисциплинарные связи и формируемые компетенции представлены в таблице.

Таблица 1- интеграция стенда в учебные дисциплины

Дисциплина	Связь с лабораторными работами	Формируемые компетенции
Теоретическая механика	Экспериментальная проверка положения центра масс, изучение моментов сил	Умение применять теоретические знания к реальным инженерным задачам, понимание статического равновесия
Динамика полета ЛА	Исследование влияния положения центра масс на устойчивость и управляемость аппарата	Навыки анализа динамических характеристик КА, понимание связи конструктивных параметров и летных качеств

Основы приборостроения	Изучение принципов работы датчиков Холла, гироскопов, обработки сигналов	Практические навыки работы с измерительной аппаратурой, понимание метрологических основ измерений
Цифровая обработка сигналов	Фильтрация сигналов датчиков, разработка алгоритмов обработки данных	Умение применять методы цифровой фильтрации к реальным сигналам, оценка эффективности алгоритмов
Проектирование МКА	Экспериментальная отработка методов балансировки, проверка расчетных параметров	Навыки верификации расчетных методов экспериментальными данными, понимание требований к конструкции

Существенный потенциал имеет использование стенда для развития научно-исследовательской работы студентов [3]. На базе стенда возможно выполнение курсовых и дипломных проектов, связанных с совершенствованием методик измерений и обработки экспериментальных данных. Проведение студенческих научных исследований по динамике малых космических аппаратов позволит вовлечь обучающихся в решение актуальных научно-технических задач.

Международное сотрудничество представляет еще одно значимое направление развития. Разработка англоязычной версии методических материалов позволит использовать стенд в совместных образовательных программах с зарубежными вузами. Участие в международных проектах по стандартизации образовательных технологий в области космического приборостроения повысит узнаваемость разработки и откроет новые возможности для академической мобильности.

Для широкого внедрения стенда в образовательный процесс важное значение имеет коммерциализация разработки. Предоставление образовательных услуг на базе стенда, включая проведение лабораторных работ и практикумов для сторонних организаций, будет способствовать популяризации разработки и получению дополнительного финансирования для ее развития.

Интеграция учебного стенда определения центра масс в образовательный процесс открывает значительные перспективы для повышения качества подготовки инженеров космической отрасли. Реализация рассмотренных направлений развития позволит создать современную образовательную платформу, обеспечивающую

формирование необходимых профессиональных компетенций у будущих специалистов. Дальнейшая работа будет направлена на практическую реализацию описанных перспектив в реальном образовательном процессе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правительство продлило срок реализации государственной программы «Космическая деятельность России» — URL: <http://government.ru> (дата обращения: 21.10.2025).

2. Никольский, В. В. Проектирование сверхмалых космических аппаратов: учебное пособие [Текст] / В. В. Никольский — Санкт-Петербург: Балт. гос. техн. ун-т., 2012 — 59 с.

3. Профессиональный стандарт "Специалист по проектированию и конструированию механических конструкций, систем и агрегатов летательных аппаратов" (утвержден приказом Минтруда России от 19 сентября 2016 г. № 531н)

УДК 629.783

Макимова К.М., Кузовов А.С.

Научный руководитель: Епринцев М.А., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Россия

КОНСТРУКЦИЯ УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

В условиях стремительного развития технологий малых космических аппаратов особую значимость приобретает вопрос подготовки квалифицированных инженерных кадров, обладающих не только фундаментальными знаниями, но и практическими навыками работы с космической техникой [1]. Точное определение центра масс является критически важным этапом предпусковой подготовки любого космического аппарата, поскольку даже незначительные отклонения от расчетного положения могут привести к серьезным последствиям на орбите [2]. Современные образовательные учреждения сталкиваются с дефицитом доступного и эффективного учебного оборудования, позволяющего наглядно демонстрировать процесс определения центра масс.

Стенд разработан для работы с малыми космическими аппаратами со следующими параметрами:

- Максимальная масса аппарата: 5 кг
- Габаритные размеры: 150×150×400 мм
- Максимальный угол отклонения платформы: 10°
- Максимальное отклонение центра масс: 50 мм

В основе конструкции лежит система, состоящая из двух платформ с неодимовыми магнитными дисками диаметром 20 мм и высотой 5 мм.

Для того, чтобы стенд подходил под спутник CubeSat до 3U, были выбраны неодимовые магнитные диски с параметрами, отраженными в таблице 1.

Таблица 1- параметры магнитов

Характеристики	Значение
Сила сцепления (макс.)	7.07 кг
Сила сцепления на сдвиг (макс.)	3.54 кг
Диаметр	20 мм
Высота	5 мм
Вес	12 г

Ключевым элементом конструкции стенда является система магнитного взаимодействия между верхней (подвижной) и нижней (неподвижной) платформами. Данная система реализована на основе пар неодимовых магнитов, расположенных соосно друг напротив друга [3].

Взаимодействие между магнитами основано на принципе отталкивания одноименных полюсов. В исходном положении, когда центр масс тестируемого аппарата совпадает с осью вращения платформы, система находится в состоянии равновесия. Силы отталкивания от всех пар магнитов симметричны и взаимно уравновешены. При размещении на платформе аппарата со смещенным центром масс возникает дисбаланс. Сила тяжести, приложенная к смещенному центру масс, приводит к угловому отклонению верхней платформы. Поскольку сила магнитного отталкивания обратно пропорциональна квадрату расстояния между полюсами, на стороне, где зазор уменьшился, сила отталкивания возрастает. На противоположной стороне, где зазор увеличился, сила отталкивания ослабевает.

Возникающая разность сил создает восстанавливающий момент, направленный против опрокидывающего момента от силы тяжести. Платформа отклоняется до нового положения равновесия, в котором

опрокидывающий момент и восстанавливающий магнитный момент уравнивают друг друга.

Для создания прототипа стенда были разработаны и изготовлены методом 3D-печати из PLA-пластика: центральное сферическое крепление, крепления для магнитов (Рис. 1). Использование 3D-печати позволило быстро и экономично создать геометрические формы, обеспечивающие точное позиционирование компонентов.

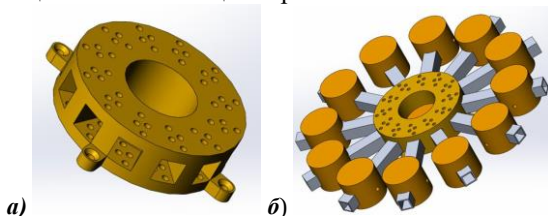


Рис. 1 Модели креплений: *а* – центральное крепление; *б* – сборка из центрального и креплений для магнитов

Для измерения магнитного поля выбраны линейные датчики Холла SS49E, благодаря их оптимальному сочетанию точности, надежности и экономической эффективности (Табл. 2).

Таблица 2- параметры датчиков Холла SS49E

Характеристики	Значение
Диапазон измерения	± 1000 Гс
Напряжение питания	3...6,5 В
Температурный диапазон	-40...150 °С
Корпус	ss41
Вес	0.09 г

Выбранная схема магнитного взаимодействия на основе отталкивания одноименных полюсов обладает рядом существенных преимуществ: отсутствие механического контакта между подвижными частями исключает трение и износ, значительно повышая долговечность и точность измерений. Высокая чувствительность системы к малейшим смещениям, обеспечивающая регистрацию незначительных отклонений центра масс. Также преимуществом является то, что система автоматически возвращается в исходное положение после снятия нагрузки.

Разработанный учебный стенд успешно решает поставленные задачи, сочетая в себе точность измерений, надежность конструкции и удобство использования в учебном процессе. Стенд может найти

применение в учебном процессе вузов космического профиля, научных исследованиях в области динамики малых космических аппаратов и отработке технологий балансировки на этапе предпусковой подготовки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Из недавних отчётов Euroconsult и NSP [Электронный ресурс] // Газпром космические системы. — URL: <https://www.gazprom-spacesystems.ru> (дата обращения: 20.10.2025).

2. ГОСТ Р 58629-2020 "Системы и комплексы космические. Анализ видов, последствий и критичности отказов изделий и процессов. Общие требования".

3. Кринчик, Г. С. Физика магнитных явлений: учебное пособие [Текст] / Г. С. Кринчик — Москва: издательство Московского университета, 1976 — 367 с.

УДК 004.9

Малец А.А., Ляхова О.Р.

*Научный руководитель: Лаврова Ю.С., канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОПТОВОЙ ТОРГОВЛИ СРЕДСТВАМИ CRM-СИСТЕМ

Современный рынок отличается крайне высоким уровнем конкуренции и непрерывно ускоряющимися бизнес-процессами. В этой среде компаниям необходимо постоянно находить пути повышения своей эффективности. Особенно остро эта задача стоит для организаций, которые работают в сфере оптовой торговли, где большой объем операций, клиентская база все время расширяется, а принятие решений требуют максимальной оперативности. Традиционные методы управления продажами во многом исчерпали себя. Практика ведения разрозненных таблиц и ручного ввода данных зачастую приводит к дублированию информации, замедляет обработку заказов и увеличивает риск ошибок. Также, когда в компании нет единого цифрового пространства, то взаимодействие между ключевыми отделами серьезно затрудняется. Все это напрямую влияет на качество обслуживания клиентов и конкурентоспособность предприятия.

Для улучшения и развития компании нуждаются в цифровой трансформации. Ключевым шагом в этом является внедрение систем управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) [1].

По сути, бизнес-процесс – это не что иное, как набор взаимосвязанных, последовательных действий, направленных на достижение определенного корпоративного результата. Эффективное управление предполагает, что эти процессы должны быть описаны, оптимизированы и, по возможности, автоматизированы. Ведь, это прямо влияет на снижение операционных издержек и повышение качества клиентского сервиса.

Согласно данным McKinsey & Company, автоматизация процессов продаж способна повысить производительность сотрудников до 10-15%, что потенциально может увеличить совокупный доход предприятия до 10%. В этом контексте CRM-системы выступают связующим звеном [2].

CRM-платформа обеспечивает управление контактами, сбор и анализ данных о продажах, прогнозирование спроса, автоматизацию документооборота и формирование аналитических отчетов. Ее использование позволяет объединить в единую цифровую среду обработку заказов, сегментацию клиентов и контроль за этапами сделок. CRM-система является элементом стратегического управления взаимоотношений с потребителями.

Оптовая торговля объединяет несколько направлений деятельности – от закупки и хранения товаров до логистики, реализации и послепродажного обслуживания клиентов. Каждое из этих направлений требует безупречного взаимодействия между подразделениями, прозрачного документооборота и своевременного обмена информацией.

Внедрение CRM-системы позволяет оптовому предприятию решать сразу несколько стратегически важных задач.

Во-первых, происходит систематизация клиентской информации. Вся история взаимодействий, детали заказов, переписка и даже рекламации хранятся централизованно и доступны всем уполномоченным сотрудникам. Это снижает вероятность потери данных и повышает качество коммуникации.

Во-вторых, существенно сокращается время обработки заказов. CRM берет на себя автоматизацию подготовки коммерческих предложений, выставление счетов и контроль этапов сделки, что очень важно при большом объеме операций.

В-третьих, значительно улучшается взаимодействие между отделами, так как все работают в едином пространстве. Также это позволяет избежать дублирование информации и ускорить внутренние процессы.

На российском рынке наиболее распространены такие решения, как Битрикс24, amoCRM, 1C:CRM и RegionSoft CRM. По данным TAdviser (2024), отечественный рынок CRM-систем демонстрирует устойчивый ежегодный рост почти 20%. При выборе платформы компании обычно ориентируются на функциональные возможности (90%), стоимость решений (88%) и возможность самостоятельного внедрения (72%). Оптимальным сроком реализации проекта более половины организаций считают период от шести до двенадцати месяцев [3].

Для оптовой торговли ценность CRM особенно высока, поскольку она позволяет автоматически обрабатывать входящие заявки, использовать готовые шаблоны договоров и коммерческих предложений, а также проводить глубокий анализ динамики продаж и прибыльности каждого клиента. Более того, аналитические данные из CRM становятся основой для гораздо точного планирования закупок.

Интеграция CRM с корпоративными системами управления ресурсами (ERP) и инструментами бизнес-аналитики (BI) еще больше расширяет управленческие возможности. Например, повышается точность прогнозов спроса, сводятся к минимуму складские излишки, ускоряется процесс принятия стратегических решений и так далее.

Несмотря на все очевидные преимущества, процесс внедрения CRM-системы не лишен трудностей. В исследовании TAdviser было отмечено, что основными барьерами на пути реализации проекта являются сопротивление со стороны сотрудников (36% случаев), недостаточная подготовка персонала и слабая интеграция новой системы с уже существующими решениями [4].

Для минимизации этих рисков необходимо придерживаться ряда принципов:

- необходимо максимально вовлекать ключевых сотрудников всех подразделений в работу над проектом с самых ранних стадий;
- формулировать конкретные цели и показатели эффективности внедрения (например, сокращения времени обработки заказа на 30%);
- следует организовать полноценное обучение и обеспечить постоянную техническую поддержку пользователей;
- CRM должна быть интегрирована с существующими системами учета и документооборота;

– внедрение нужно проводить поэтапно, начиная с автоматизацию наиболее приоритетных и критических важных процессов.

Соблюдение этих рекомендаций повысит вероятность того, что проект будет успешным. Позволит компании получить экономический эффект уже в течение первого года промышленной эксплуатации.

CRM-системы сегодня являются важнейшим инструментом цифровой трансформации и автоматизации оптовой торговли. Их грамотное внедрение обеспечивает максимальную прозрачность управления, улучшает внутренние взаимодействие между отделами, ускоряет и повышает качество обслуживания клиентов и, в конечном счете, укрепляет их лояльность. Российский опыт и результаты исследований подтверждают непрерывный рост интереса компаний к CRM-решениям. Также демонстрируют конкретный, положительный эффект от их использования.

Практическая значимость автоматизации выражается в повышении эффективности продаж, значительном снижении ручной нагрузки на персонал и росте управленческой и аналитической информации. Особенно важно это для малых и средних предприятий, работающих в оптовом сегменте.

Развитие CRM-технологий в ближайшем будущем будет неразрывно связано с углублением их интеграций с BI-системами и ERP-решениями, а также внедрением инструментов на основе искусственного интеллекта (ИИ). Уже сейчас ИИ-модули активно применяются для точного прогнозирования спроса, персонализации коммерческих предложений и многого другого. Перед компаниями это открывает новые горизонты для повышения общей эффективности бизнеса и укрепления их позиций на динамичном рынке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кадацкая Д.В., Развитие технологического предпринимательства на современном этапе: барьеры и вызовы / Д.В. Кадацкая, Ю.С. Лаврова, В.И. Груздов // конференция «Трансформации и риски современности: Междисциплинарные исследования» Экономика. Общество. Человек. материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Том 1. Выпуск XXXIX. Белгород: Изд-во Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 166-170.

2. Sales automation: The key to boosting revenue and reducing costs – Э. Режим доступа: <https://www.mckinsey.com> (08.10.2025)

3. CRM рынок России – Э. Режим доступа: <https://www.tadviser.ru> (10.10.2025)

4. Подходы к внедрению CRM-систем в России – Э. Режим доступа: <https://www.tadviser.ru> (10.10.2025)

УДК 711.01:620.3

Маловичко Н.С., Немцева Я.А

*Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРЕДПОСЫЛКИ РЕНОВАЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Предпосылки реновации кроются в историческом развитии железнодорожных вокзалов, которые с середины XIX века стали ключевыми элементами городской инфраструктуры. Реновация железнодорожных вокзальных комплексов представляет собой комплексный процесс обновления инфраструктуры, направленный на повышение эффективности транспортных узлов в условиях урбанизации и технологического прогресса, направленный на интеграцию исторических объектов в современную городскую среду путем повышения их функциональности, что создаст возможность для сохранения железнодорожного наследия. Актуальность темы обусловлена значительным износом вокзалов малых городов, построенных в конце XIX — начале XX веков, и необходимостью их адаптации к текущим социально-экономическим и технологическим условиям.

Цель исследования — анализ существующих предпосылок реновации железнодорожных вокзальных комплексов малых городов на основе исследований зарубежных и отечественных авторов.

Задачи исследования: определить ключевые предпосылки реновации железнодорожных вокзальных комплексов малых городов, выявить основные подходы к реновации, влияющие на формирование практических рекомендаций по применению их в малых городах.

В России первые вокзалы появились в 1830–1860-х годах, которые в процессе эволюции преобразовывались от простых сооружений в многофункциональные транспортные комплексы. К основным предпосылкам реновации как жилых, общественных, так и промышленных зданий и сооружений относятся: физический износ зданий, неэффективные планировки, несоответствие современным

нормам комфорта и безопасности [4]. Такие предпосылки также можно отнести и к историческим железнодорожным вокзальным комплексам. С середины XIX века вокзалы в малых городах способствовали формированию поселений, способствовали их экономическому росту, формируя коммуникативные связи между городом и поселками. С ростом технологического прогресса, урбанизации территорий все чаще стал заметен физический износ зданий (аварийное состояние, неэффективные планировки и несоответствие нормам комфорта, безопасности и доступности. Такое положение можно наблюдать в малых городах, таких как Кинель, Самарская области. Проблемы исторического вокзала 1895 года усугубляются существующими минимальными связями между двумя частями города, разделенного железной дорогой и отсутствием комфортных услуг в пешеходной доступности от здания вокзала. Физический износ зданий и аварийное состояние вокзальных комплексов можно наблюдать, например, в малых населенных пунктах Ракитянского района Белгородской области: на станции Юсупово (Рис. 1) 1910 года, в с. Илек-Кошары, ныне внесенной в перечень памятников истории и архитектуры Белгородской области; на станции Сумовская 1901 года постройки в п. Сумовский; на станции Зинаидино (Рис. 1) 1913 года постройки в п. Ракитное, в Краснояружском районе, на станции Свекловичная 1901 года постройки в п. Красная Яруга. Вокзальные комплексы на этих станциях не соответствуют современным требованиям, разрушаются, требуют полной реставрации и реконструкции как объекты ОКН области.



Рис. 1. - Железнодорожные станции Белгородской области:
а) станция Зинаидино, *б)* станция Юсупово.

Социально-экономические предпосылки связаны с всеобщей глобализацией экономики: вокзалы должны стать многофункциональными узлами для торговли, услуг и коммуникаций, способствуя росту экономики городов или малых населенных мест. К технологическим предпосылкам относят внедрение современных систем в транспортную инфраструктуру, что влечет за собой модернизацию железнодорожных вокзальных комплексов в малых городах. Экологические предпосылки подразумевают необходимость

снижения воздействия вредных выбросов и соответствие санитарным нормам как самих зданий комплекса, так и территории. В малых городах к основным предпосылкам можно еще добавить и архитектурно-планировочные предпосылки, которые включают в себя сохранение исторической идентичности, включают сохранение исторической идентичности, как на станции Няндомы (Вологодская область), где предложенные работы стимулируют развитие деградирующих территорий достопримечательного места. В России стремление проводить реновацию железнодорожных вокзальных комплексов в малых городах усиливаются федеральной «Стратегией по модернизации транспортной системы до 2030 года», подчеркивающей необходимость реконструкции для повышения пропускной способности и интеграции в международные сети.

Анализируя исторические комплексы в малых городах, можно сделать вывод о том, что предпосылки реновации основаны на таких аспектах как: градостроительные, архитектурно-планировочные, функционально-технологические, композиционные и экологические. К градостроительным аспектам вокзалов в историческом центре городов. Такое расположение в процессе развития города приводит к развитию транспорта и населения, что потребовало рационального использования пространства и создания многоуровневых структур в малом населенном пункте. Архитектурно-планировочные аспекты в малом городе фокусируются на адаптации существующих зданий: принципы трансформации, многофункциональности и интеграции в городскую ткань позволяют расширять комплексы без полного сноса. В случае полной или частичной утраты основной транспортной функции возможно перепрофилирование исторических железнодорожных комплексов или внесение дополнительных функций как в случае со станцией Готня в п. Пролетарский, Белгородской области, где была полностью потеряна транспортная функция, и будущие проектные решения по реновации могут предложить преобразование территории в крупный рекреационно-общественный центр с трансформацией существующих исторических зданий под новые функции. Функционально-технологические аспекты учитывают разделение транспортных и пассажирских потоков, автоматизацию багажа и внедрение энергоэффективных технологий, таких как регенеративное торможение и солнечные панели. Композиционные аспекты подразумевают создание "архитектурных ворот города" с гармонизацией старого и нового, сохранением исторических зданий комплекса. Эти композиционные аспекты в отличие от крупных

городов в малых выражены не ярко или полностью отсутствуют. Экологические аспекты включают меры по снижению выбросов: расчет углеродного следа, использование геотермальных систем и озеленения для компенсации. Анализируя зарубежный опыт реновации исторических железнодорожных вокзальных комплексов в малых городах, в таких странах, США, Англия, где исторические комплексы превращаются в многофункциональные общественные образования, можно сделать вывод о том, что многие вокзальные комплексы не оборудуются средствами для МГН, не имеют современных систем энергосбережения и комфорта [6]. Анализ зарубежного и отечественного опыта реновации показывает, что основные предпосылкам основаны также и на социальный аспекте. Примером может служить архитектурно-социологическое исследование, проведенное при формировании проектного предложения по реновации на станции Кинель. социальные факторы, выявленные через анкетирование, показывают предпочтения жителей к сохранению исторических элементов и созданию многофункционального моста, соединяющего две части города, разделенного железной дорогой. Другим примером может служить вокзальный комплекс в городе Солсбери, где социологический опрос жителей показал, что при утрате транспортной функции, физическом износе зданий предпочтение жителей отдано созданию новых общественных пространств (коворкингов, общественных лекториев).

В рамках исследования в области реновации, проводимые БГТУ им. В. Г. Шухова кафедрой архитектуры и градостроительства в рамках программы «приоритет 2030» рекомендуется применить основную концепцию по реновации, как создание «достопримечательного места» на территории малых городов. Исследования, направленные на формирование такого подхода к реновации, позволят увеличить экономический и туристический потенциалы малых городов. Научные исследования кандидата архитектуры Мурунова А.Ю. выявляют принципы модернизации принципы модернизации железнодорожных комплексов подчеркивая социально-экономические и технологические факторы, хотя фокус его работы направлен на крупные и крупнейшие города [5]. Авторы считают, что данный подход применим к малым городам с учетом их региональных особенностей: удаленность от крупных торговых центров, наличие уникальных исторических и культурных объектов. Анализируя научную работу Н. И. Петуховой, можно сказать, что основной идеей реновации становится комплексная охрана вокзального комплекса на примере станции Няньдомы

Волгоградской области, где реновация привела к экономическому росту города.

Таким образом, в заключении можно сказать, что, предпосылки введения реновации железнодорожных комплексов в малых городах обусловлены износом инфраструктуры, градостроительными вызовами и необходимостью сохранения наследия. Ключевыми предпосылками являются: градостроительные социально-экономические, технологические архитектурно-планировочные. Исследования в области реновации подтверждают положительное влияние ее на развитие городов. К основным подходам по реновации на основе изучения зарубежного и отечественного опыта научных исследований можно отнести создание многофункциональных комплексов на территории исторических железнодорожных вокзальных комплексов с учетом региональных особенностей малого города. Рекомендуется комплексный подход с использованием инструментов охраны и социологических исследований для реализации программы реновации в малых городах России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Олейников, А. А., Арслан, М. И. Реновация городских территорий: проблемы и пути решения на примере г. Белгорода [Текст] / А. А. Олейников, М. И. Арслан // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. — 2023. — № 7. — С. 71-83.
2. Ярмош, Т. С. Комплексная оценка готовности к социокультурному проектированию жилой среды [Текст] / Ярмош, Т. С. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2015. — № 5. — С. 87–90.
3. Реновация малых вокзалов. Повышение качества обслуживания. / [Электронный ресурс] //: [сайт]. — URL: <https://legantmar.livejournal.com> (дата обращения: 27.10.2025).
4. Немцева Я.А., Перькова М.В. Адаптации исторически сложившихся крупных железнодорожных вокзальных комплексов за рубежом. / Я. А. Немцева, М. В. Перькова [Текст] // Неделя науки ИСИ: Сб. материалов Всероссийской конференции, 2022 г. В 3 ч. Ч. 3. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. — С.54–57.
5. Мурунов А.Ю. Принципы архитектурной модернизации железнодорожных вокзальных комплексов на современном этапе: для крупных и крупнейших городов: специальность 18.00.02 «Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности.»: Диссертация на соискание кандидата архитектуры /

Мурунов А.Ю; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. — Нижний новногод, 2005. — 228 с.

6. Rossi A., Ristori A., Ricciardelli F. From the “Green Station” to the “Blue Station”: the role of the renovation of railway stations in the ecological transition of cities. Calculation model and possible measures for mitigation and compensation of impacts // City, Territory and Architecture. 2023. Vol. 10. Art. 21. P. 1–27. DOI: 10.1186/s40410-023-00205-5. [Электронный ресурс]. URL: <https://cityterritoryarchitecture.springeropen.com> (дата обращения: 13.10.2025).

УДК 692.904

Мальцев Б.А.

Научный руководитель: Баженова О.О., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ СТИЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ХРАМОВ РОССИИ

В данной статье приведен анализ развития архитектурных стилей храмов России в разную эпоху. По данным реестра храмов России на территории Российской Федерации находится 32 214 сооружений, включающие церкви (храмы), часовни и монастыри, наибольшее количество сооружений расположено в Центральном федеральном округе 16419 (51%), а наименьшее в Северо-Кавказском федеральном округе, всего насчитывается 205 храмовых построек (0,6%) (рис.1) [1].

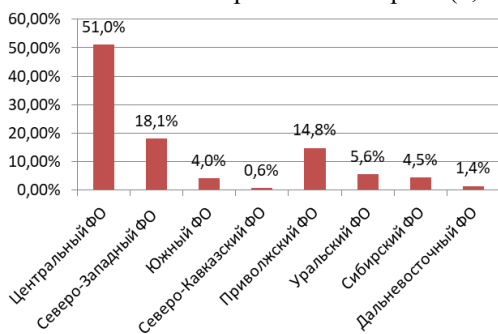


Рис.1. Процентное соотношение храмов в пределах федеральных округов РФ [1].

В России многие храмы, особенно деревянные сооружения первых веков, не сохранились до наших дней. Однако благодаря наличию архивных фотографий и других исторических источников становится возможным исследовать их архитектурные особенности и внешний облик. Современные технологии предоставляют уникальную возможность создавать цифровые модели утраченных объектов, которые можно визуализировать с помощью виртуальной реальности. Это позволяет не только реконструировать внешний вид древних храмов, но и буквально «погрузиться» в атмосферу прошлого, тем самым расширяя методы изучения исторического архитектурного наследия и углубляя наши знания о раннем русском храмовом зодчестве.

Одним из старинных и сохранившихся русских деревянных храмов является Лазаревская церковь Муромского монастыря, который располагался на юго-восточном берегу Онежского озера, у церкви нет фундамента, сруб стоит на огромных валунах. (рис.2). Церковь посвящена воскрешению евангельского Лазаря, возведение ее связано с именем основателя Муромского монастыря реального Лазаря, которому приписывают ее строительство незадолго до его кончины в возрасте 105 лет в 1391 году.

Деревянные церкви были клетского и шатрового типов. Клетские церкви представляют собой самый старинный вид сооружений северорусского происхождения, в основе конструктива содержатся две поставленных рядом четырехстенных клетки (сруба). Восточная клеть всегда ставилась выше другой, символизируя высоту Града Небесного по сравнению с Градом Земным. Их архитектура имела много общего с жилыми строениями. Составлялись из нескольких прирубленных друг к другу клеток: алтаря, моленного зала, трапезной, приделов, притворов, папертей и колокольни. Число срубов по оси восток-запад могло быть большим. Тогда храмы назывались рублеными «стаей» [2].



Рис.2. Клетская церковь Воскрешения Лазаря

Шатровые храмы – особый архитектурный тип, появившийся и ставший распространённым в русском храмовом зодчестве. Вместо купола здание шатрового храма завершается шатром. Одним из примеров такого типа – это сохранившееся церковь Рождества Богородицы, построенная в 1695 году в селе Гимрека в Подпорожском районе Ленинградской области (рис.3).

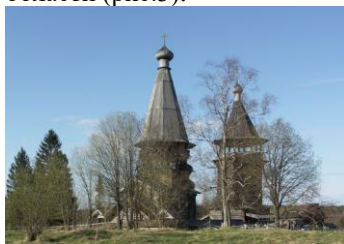


Рис.3. Клестская шатровая церковь Рождества Богородицы

На смену клестским церквям пришло каменное строительство и принесло барочную архитектуру [3,4], представленную различными стилями, которое на протяжении нескольких веков имело свои особенности. Проведённый анализ позволил выявить основные стили: византийский, древнерусский, раннемосковский, годуновский, узорочье, нарышкинский, барокко, псевдоготика, классицизм, ампир, эклектика, модерн (табл.1) [5].

Таблица 1 – Архитектурные стили каменных храмов в России (составлено авторами по данным официального сайта Народный каталог православной архитектуры)

№	Архитектурный стиль	Особенности стиля	Период развития	Примеры храмов
1	Византийский (ранневизантийский, средневизантийский, поздневизантийский)	четырёх- и шестистолпный крестово-купольный тип	с VI по XV века	Церковь Святых Апостолов в Константинополе; Храм Василия Блаженного
2	Древнерусский (Школы: Владимиро-Суздальская, Новгородская, Псковская, Киевская, Черниговская, Галицко-Волынская, Смоленско-Полоцкая)	в основании постройки лежал крест, перекрывавшийся круглым куполом	XII – начало XIII века	Софийский собор 1045-1050гг.; Церковь Благовещения в Городищах 1103 г.; Рождественский собор Антоньева

				монастыря 1117-1119 гг.; Церковь Фёдора Стратилата 1361 г.; Спасо-Преображенская церковь на Ильине улице 1374 г.; Храм Петра и Павла в Кожевниках 1406 г.
3	Раннемосковский	переход от простых крестово-купольных систем к различным типам сводов, включая парусные и цилиндрические конструкции	XIV – первая четверть XV века	Рождественский собор Саввино-Сторожевского монастыря (1404-1405), Троицкий собор Троице-Сергиевой лавры (1422-1423)
4	Годуновский	пятиглавый крестово-купольный храма, а также бесстолпные церкви, завершённые горкой кокошников или шатром	1580-е годы – начало XVII века	Малый (Старый) собор Донского монастыря (1591-1593), церковь Троицы в Хорошёве (1596-1598)
5	Узорочье	богатый цветной растительный орнамент	XVII век	Троицкая церковь в Никитниках, Храм Богородицы в Путинках
6	Нарышкинский (Строгановского, Тотемского, Устюжского, Вятского, Уральского, Сибирского)	Нижний ярус имеет четыре стены, а возведённый на нём ярус – восемь.	С 1680-х по 1710-е годы	Церковь Покрова Пресвятой Богородицы в Филях (1690-1694)
7	Барокко (петровское, строгановское, виленское, голицынское, елизаветинское,	использование ордерных элементов: колонн и антаблемента (горизонтального	конец XVII – первая половина	Рождественская и Смоленская церкви в Нижнем Новгороде

	анновское, екатериновское)	перекрытия) с завершением в виде фронтонов	XVIII века	
8	Псевдоготика	использованием деталей готической архитектуры	XVIII – начала XX века	Церковь Знамения в селе Вешаловка Липецкой области (1768-1784)
9	Классицизм	соединением новых форм с традициями барокко и рококо	с 1760-х по 1870-е годы	Церковь Николая Чудотворца в Архангельской области (1818-1821)
10	Ампир	строгая симметрия и чёткие геометрические формы	первая треть XIX века	Казанский собор в Санкт-Петербурге
11	Эклектика	Использование исторических форм как строительный материал	XIX век – XX	Храм Христа Спасителя в Москве
12	Модерн	отказ от прямых линий и углов	XIX век – XXI	Церковь Спаса Нерукотворного Образа в Клязьме

Анализ отражает важность сохранения архитектурного наследия и истории о строительной отрасли как ключевых факторов в развитии культуры и укреплении строительных традиций. Исследование храмовых сооружений на территории России, демонстрирует разнообразие архитектурных стилей и их эволюцию. Особое значение имеют старинные храмы северных регионов, которые сохранились до наших дней, служа живой связью с прошлым.

Чтобы не утратить культурные ценности и одновременно развивать сильные стороны отечественного строительства и архитектуры необходимо применять современные технологии и интегрировать их с историческим опытом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Реестр Храмов России. Официальный сайт [Электронный ресурс]: URL <http://www.temple.ru>
2. Ходаковский Е.В., Бодэ А.Б., Зинина О.А., Носкова А.Г. Деревянное храмостроительство Русского Севера конца XVIII – начала

XX века // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. Гуманитарные и общественные науки. — 2019. — № 3 (96). — С. 145–156. DOI: 10.22204/2587-8956-2019-096-03-145-156

3. Проскурякова Т. С. Особенности сибирского барокко // Архитектурное наследство. — 1979. — № 27. — С. 147–149.

4. Раппопорт П. А. Археологические исследования памятников древнего новгородского зодчества // НИС. Вып. — 1(11). — Л., 1982. — С. 198

5. Народный каталог православной архитектуры. Официальный сайт [Электронный ресурс] URL: <https://sobory.ru>

УДК 622.23.05

Мапоссе Луиш Физу Жозе

Научный руководитель: Богданов В.С. д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ ТИПА 2Л-120 ПРИ ДОБЫЧЕ КАМЕННОГО УГЛЯ В КАРЬЕРЕ ФИРМЫ «ВУЛКАН МОЗАМБИК»

Горнодобывающая отрасль сталкивается с рядом проблем, главная из которых заключается в необходимости повышения рентабельности используемого оборудования и техники. Эта тенденция усиливается в последние годы, в первую очередь благодаря появлению искусственного интеллекта, который облегчает проведение исследований, разработку программного обеспечения и изобретение механизмов, способных принести большую пользу горнодобывающим компаниям.

Конвейерные ленты — это оборудование, предназначенное для транспортировки или перемещения сыпучих материалов или грузов с помощью непрерывной ленты, которая перемещается по барабанам и роликам, обеспечивая большую скорость при сниженных затратах. В целом, нет такого средства промышленного транспорта, которое превосходило бы ленточный конвейер. С его помощью можно сократить использование грузовиков, сэкономить топливо, минимизировать износ почвы и повысить безопасность операций [1].

Использование конвейерных лент в различных отраслях промышленности дает множество преимуществ. Вот некоторые из них:

- **Повышение производительности:** конвейерная лента позволяет быстро перемещать большие объемы материалов без необходимости ручного вмешательства, что приводит к повышению производительности, в том числе без длительных перерывов в работе;

- **Снижение эксплуатационных расходов:** благодаря автоматизации, обеспечиваемой этими системами, значительно снижаются эксплуатационные расходы, так как уменьшается потребность в рабочей силе и сокращается время, затрачиваемое на ручные процессы перемещения материалов;

- **Безопасность:** использование промышленных конвейерных лент снижает риск несчастных случаев на производстве, поскольку уменьшает физические нагрузки на операторов и предотвращает ситуации ненадлежащего обращения с тяжелыми грузами;

- **Универсальность:** они также могут быть адаптированы для удовлетворения различных потребностей, особенно в отношении выдерживаемого веса и скорости транспортировки;

- **Снижение повреждений продукции:** обеспечивая непрерывную и контролируемую транспортировку, конвейерные ленты снижают риск повреждения продукции в процессе, что особенно важно в таких отраслях, как пищевая и автомобильная [2].

Несмотря на все эти возможности, при использовании этого оборудования, особенно типа 2Л-120, который наиболее часто используется в угледобывающей промышленности, по-прежнему существует ряд проблем, среди которых особое место занимает вопрос выравнивания лент.



Рис. 1. Ленточный конвейер 2Л-120. (Вулкан, Мозамбике)

В мозамбикской компании Vulcan несоосность ремня приводит к большому количеству незапланированных остановок, что вызывает

потери производства, времени и, как следствие, убытки для компании. Несоосность ремня возникает по ряду причин, таких как: эксплуатационные проблемы, колебания нагрузки, неисправности при монтаже и/или техническом обслуживании компонентов конвейера. Расход ремня — это изменение линейности ремня на его ложе из-за проблем с проектированием, техническим обслуживанием и/или монтажом ленточных транспортеров, что приводит к потере транспортируемого материала, износу компонентов и ленточного транспортера [3].

Данные, предоставленные компанией Vulcan о статистике поломок конвейерных лент, используемых в этой компании, показывают тенденцию к высокому количеству незапланированных остановок из-за смещения ленты.

На графике ниже показано количество незапланированных остановок, вызванных смещением конвейерной ленты, в период с 2021 по 2024 год [2].

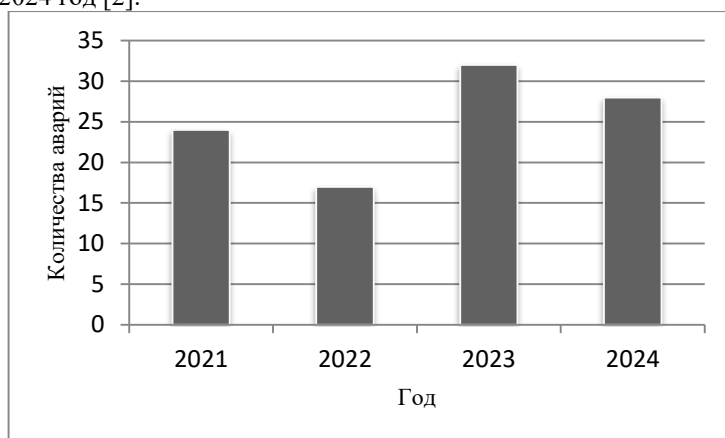


Рис.2. Количество поломок из-за перекоса ремня с 01.01.2021 до 31.12.2024 в карьерной фирме Вулкан (Мозамбике)

Вышеприведенные данные свидетельствуют о срочной необходимости поиска более эффективных решений для устранения проблем с перекосом конвейерных лент, поскольку остановка может занять до 2 часов для ремонта, что может стоить от 500 до 1500 долларов за ремонт и привести к годовым убыткам компании от 250 000 до 300 000 долларов, что в рублях составляет около 20 000 000–24 000 000 рублей по курсу на сегодняшний день (15.10.2025). Несмотря на то, что

компания инвестирует в программное обеспечение для прогнозирования профилактического ремонта, все еще необходимо найти постоянное решение с эффективностью более 80 %.

По результатам исследования можно сделать вывод, что проблема разбалансировки ремней по-прежнему остается препятствием, которое необходимо преодолеть в горнодобывающей компании Vulcan, открывая возможности для исследований и изобретений для мозамбикцев внутри и за пределами страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голубева Н.Д., Ляшенко С.А – Анализ ленточного конвейера и способы повышения центрирующих усилий. Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук;

2. ANDRADE, M.T.M; FARIA, R.S.C – manutenção corretiva para desalinhamento de correia em transportador de correia. VITÓRIA – ES ABRIL/2004;

3. Encopel rolamentos – Principais desafios no uso de correia transportadora na mineração; <https://www.encopelrolamentos.com>.

УДК 621.9

Маркашов А.А., Бектурганов Т.Р., Лукьяненко М.Р.

Научный руководитель: Воронкова М.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородской государственной технологической университет

им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В CAD-СИСТЕМЕ NX SIEMENS

В современном мире машиностроение невозможно представить без использования систем автоматизированного проектирования (CAD). Одной из них является Siemens NX, как одна из самых мощных и распространенных. Этот программный комплекс предназначен для разработки, моделирования и подготовки производства изделий любой сложности. Ключевым направлением работы NX является 3D-моделирование, позволяющее инженеру создавать точные цифровые прототипы деталей и сборок, проводить анализ их характеристик и оптимизировать конструкцию еще на этапе проектирования.

В данной статье рассматривается один из вариантов создания 3D-модели «Корпус клапана питательного 00.05.001» в CAD-системе Siemens NX по его чертежу (Рис.1).

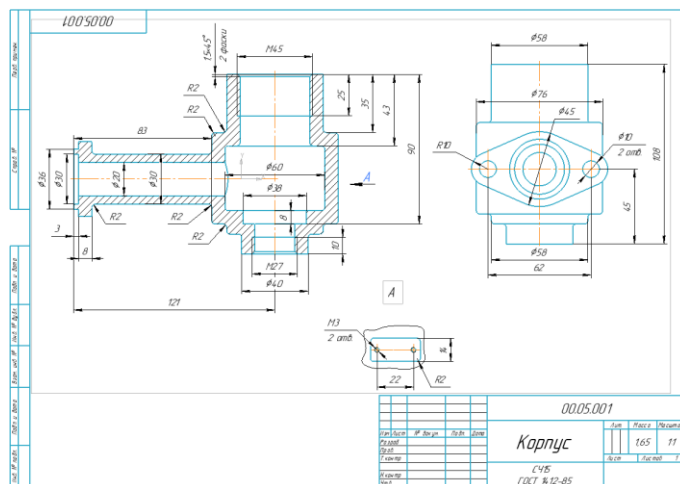


Рис.1. Корпус клапана питательного 00.05.001

Алгоритм построения модели следующий:

1. Разобьем корпус клапана питательного на отдельные части (контуры) (Рис.2).

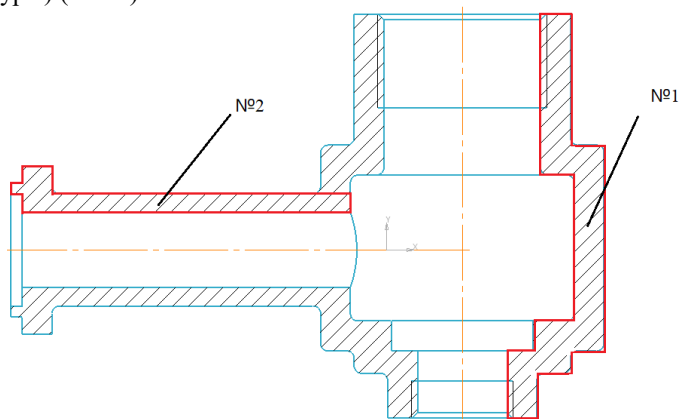


Рис.2. Выбранные контуры

2. Создадим в NX новый файл «модель». В плоскости ZY создадим эскиз с контуром корпуса клапана №1 (Рис.3). После создания эскиза применим операцию «Вращение» задав точку в начале системы координат и вектор по оси Z, создав элемент вращения сечения вокруг оси.

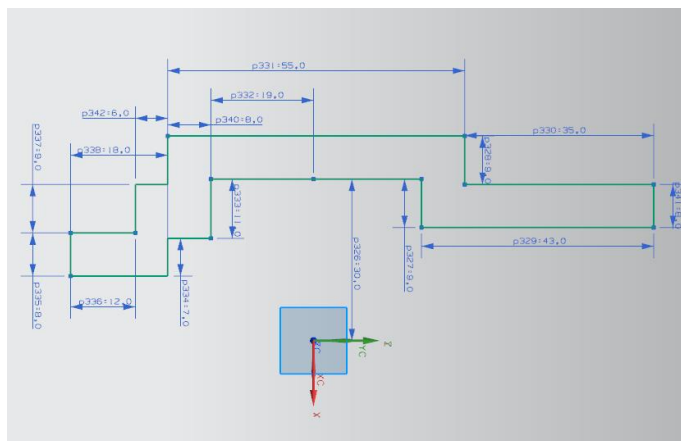


Рис.3. Эскиз по контуру №1

3. Построим эскиз по контуру №2 в плоскости ZY (Рис.4). По аналогии с эскизом №1 применим операцию «Вращение» задав вектор по оси Y с булевой операцией «Объединение».

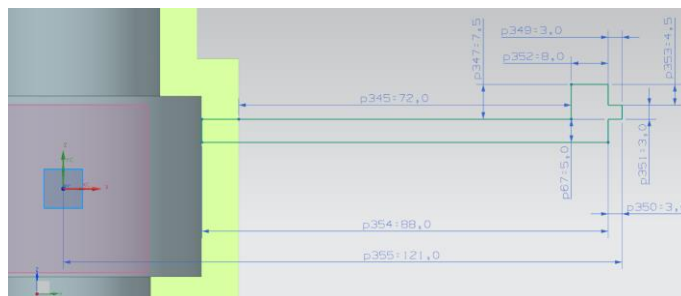


Рис.4. Эскиз по контуру №2

4. Построим координатную плоскость на получившемся торце и построим эскиз №3 (Рис.5). Применим операцию «Вытягивание» на расстояние 8 мм вдоль вектора по оси Y с булевой операцией

объединение. После чего на оси XZ построим эскиз с окружностью $\varnothing 20$, применим операцию вытягивания по оси Y с булевой операцией вычитание.

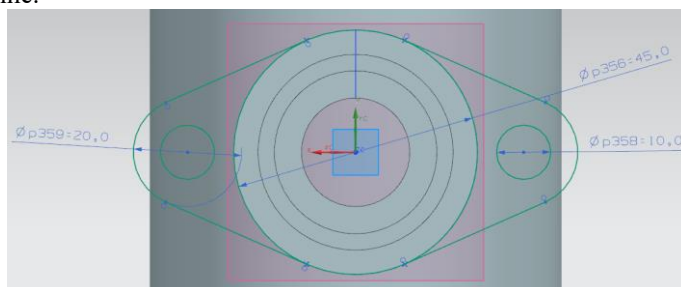


Рис.5. Эскиз № 3

5. На боковой поверхности создадим координатную плоскость выбрав тип «Точка и направление», на которой создадим эскиз №4 (Рис. 6). Применим операцию вытягивание на расстояние 5 мм вдоль вектора по оси Y, с булевой операцией объединение. Построим два отверстия по точкам $\varnothing 3$ на расстояние 8 мм.

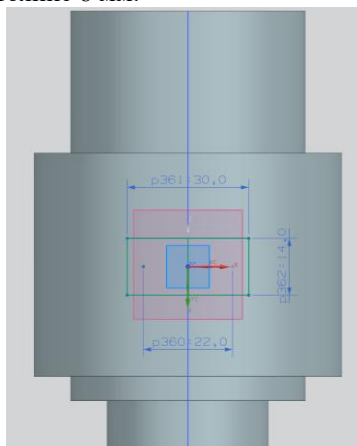


Рис.6. Эскиз №4

6. Применим команду «Скругление ребра» для ребер с радиусом 2 мм. Добавим две фаски $1,5 \text{ мм} \times 45^\circ$ согласно чертежу, применив команду «Фаска». Используя команду «Резьба», построим резьбу M45 и M27 с шагом 3 мм, и в двух отверстиях M3 с шагом 0,5 мм (Рис.7).

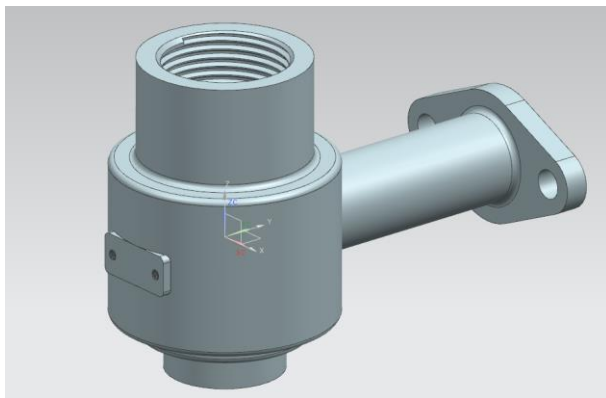


Рис.7. Результат построения

Таким образом, создание трехмерной модели детали позволяет нам увидеть изделие в объеме, облегчает понимание конструкции, позволяет выявить ошибки или противоречия в чертеже, несоответствие размеров. Так же позволяет производить инженерные расчеты на прочность, деформацию, массу и напряжения и оперативно вносить изменения в конструкцию изделия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хуртасенко, А.В. Автоматизированная конструкторско-технологическая подготовка в машиностроении. Часть 1. Автоматизированная конструкторская подготовка: учебно-практическое пособие: в 2ч. / А. В. Хуртасенко, М. Н. Воронкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 170 с.
2. Хуртасенко, А.В. Автоматизированная конструкторско-технологическая подготовка в машиностроении. Часть 2. Автоматизированная конструкторская подготовка: учебно-практическое пособие: в 2ч. / А. В. Хуртасенко, М. Н. Воронкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 83 с.
3. Ганин, Н. Б. Автоматизированное проектирование в системе КОМПАС-3D V12. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 368 с.

Марченко В.А.

Научный руководитель: Семькина А.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СФЕРЕ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

В современных реалиях автомобильная отрасль сталкивается с глубокими изменениями, обусловленными внедрением искусственного интеллекта, охватывающими множество направлений: от совершенствования систем безопасности до трансформации производственных операций и процессов управления транспортом. Благодаря технологиям ИИ автопроизводители обретают возможность проектировать интегрированные решения, повышающие как степень защищённости водителя и пассажиров, так и общий комфорт эксплуатации транспортных средств. Важно обозначить определение: искусственный интеллект – это область компьютерных наук, призванная создавать и реализовывать алгоритмы, имитирующие человеческие когнитивные функции, такие как обработка сенсорной информации, рассуждение, принятие решений и другие элементы интеллектуальной деятельности.

При разработке интеллектуальных систем, в том числе в задачах компьютерного зрения или многоуровневой обработки данных, возможности искусственного интеллекта используются как фундаментальные инструменты повышения эффективности. Индустрия автомобилей, применяя эти технологии, получает доступ к совершенно новым сценариям автоматизации: роботы и нейросетевые системы на сборочных линиях повышают качество контроля, совершенствуют подходы к управлению запасами и сокращают логистические издержки, одновременно обеспечивая ускоренный анализ массивов производственных данных.

В проектно-конструкторской сфере ИИ внедряется на всех этапах от автоматической генерации геометрических конфигураций агрегатов до глубокого анализа их инженерных характеристик. Благодаря использованию вычислительных моделей и цифрового моделирования специалисты могут с высокой точностью прогнозировать эксплуатационное поведение автомобиля при различных дорожных и климатических условиях, а также выявлять наиболее перспективные

материалы и элементы конструкции для достижения экологической безопасности, энергоэффективности и надежности изделий. Таким образом, выделение времени и ресурсов на производственно-разработческие задачи значительно сокращается при одновременном росте технологического потенциала автомобильной индустрии [5].

Современные производители автомобилей всё чаще интегрируют искусственный интеллект для реализации цифровых двойников — виртуальных воплощений как всего транспортного средства, так и его отдельных подсистем. Такая цифровая модель, разработанная с привлечением передовых методов искусственного интеллекта, предоставляет возможность осуществлять имитационные краш-тесты, воспроизводить функционирование тормозных и стабилизационных систем, моделировать динамику работы электроприводов или подвесок в различных сценариях эксплуатации. При этом осуществляется детальный анализ поведения каждого узла, фиксируются аномалии, а прогнозирование риска выхода из строя глубоко предшествует реальному появлению неисправностей, что способствует своевременному техническому обслуживанию [4].

Использование искусственного интеллекта выходит за рамки только производственной сферы — на этапе эксплуатации транспортных средств интеллектуальные алгоритмы анализируют датчиковую информацию, определяют ранние признаки износа узлов, прогнозируют потенциальные неисправности и информируют автовладельца о надвигающихся технических работах. Внедрение систем предиктивной диагностики положительно сказывается на надёжности и долговечности эксплуатации машин [2].

В инженерной практике наблюдается трансформация профессиональных требований: специалистам в отрасли автомобилестроения теперь необходимо не ограничиваться знаниями классических дисциплин вроде механики или гидравлики, а усваивать компетенции в работе с цифровыми инструментами, анализом данных и виртуальным моделированием. Искусственный интеллект, освобождая инженера от рутинных вычислений и механических операций, позволяет ему сосредотачиваться на неординарных, творческих исследовательских задачах, тем самым повышая эффективность проектирования.

Кроме того, для повышения безопасности и комфорта водителя разрабатываются интеллектуальные системы поддержки, которые не только ассистируют в управлении и адаптации к динамично меняющимся условиям движения или индивидуальным особенностям

поведения человека за рулём, но и способны своевременно выявлять потенциальные дорожные опасности, минимизируя риски [1]. Аналитика, осуществляемая ИИ в ходе тестирования новых автомобилей, открывает перед инженерами новые возможности для совершенствования конструкций и параметров функционирования ключевых систем. В итоге, дорогостоящие стендовые испытания становятся менее востребованными, уступая место цифровым методам симуляции, что существенно снижает издержки при разработке инновационных транспортных решений.

Несмотря на существенные достижения в области искусственного интеллекта, внедрение данных технологий в автомобильную промышленность сопровождается рядом существенных препятствий и сложностей. Одним из основных факторов, ограничивающих массовое использование ИИ, является высокая стоимость внедрения инновационных решений, что требует значительных финансовых инвестиций со стороны производителей. Кроме того, важнейшей задачей становится обеспечение высокого уровня кибербезопасности при обмене информацией между системами транспортных средств и внешними источниками, поскольку увеличивается объем данных, обрабатываемых внутри платформ.

Развитие интеллектуальных систем открывает новые перспективы для повышения уровня безопасности дорожного движения, оптимизации эксплуатационных характеристик, а также повышения комфорта водителей и пассажиров. Внедрение таких технологий способствует созданию более сложных и интеллектуальных моделей автомобиля, способных значительно повысить качество жизни их владельцев [3]. На сегодняшний день искусственный интеллект выступает в роли ключевого инструмента в процессе проектирования и тестирования современных транспортных средств. Его применение позволяет сокращать сроки разработки новых моделей, а также значительно повышать показатели надежности и безопасности при эксплуатации.

Стоит подчеркнуть, что ИИ не вытесняет полностью инженерный труд; наоборот, он выступает в качестве мощного цифрового помощника, который способен выполнять анализ данных, делать прогнозы и предлагать оптимальные решения при разработке и эксплуатации автомобиля. В этом контексте искусственный интеллект становится важнейшим компонентом, способствующим внедрению инновационных решений, например, в автоматическом управлении транспортными средствами. В результате этого развитие технологий

ИИ в рамках автомобильной индустрии будет играть ключевую роль в создании полностью автономных, безопасных и экологически чистых транспортных средств будущего.

Тем не менее, необходимо учитывать, что, несмотря на все преимущества, искусственный интеллект еще требует человеческого контроля и взаимодействия для достижения максимально эффективных результатов. Важной задачей на пути распространения интеллектуальных систем является обеспечение соответствия стандартам безопасности, а также формирование системы полноценного человеко-очагового управления, гарантирующего безопасность и надежность при эксплуатации новых моделей транспорта. В целом, будущее автомобилестроения напрямую связано с дальнейшим развитием ИИ, который станет базовым элементом для реализации концепций полностью автономных и экологически безопасных транспортных средств следующего поколения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электронные помощники для водителя: система контроля полосы движения, парковочная система и система обнаружения пешеходов / С. А. Нежута, А. Ю. Перькова, А. С. Семькина, Н. А. Загородний // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. – 2019. – № 3. – С. 66-70. – EDN KOWTOS.
2. Некрестов, Н. С. Применение искусственного интеллекта в диагностике автомобилей / Н. С. Некрестов, А. В. Шестопалов, В. А. Самойленкова // Новая наука: теоретический и практический взгляд : материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, София, 31 октября 2024 года. – Нефтекамск: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2024. – С. 28-36. – EDN KVGRFH.
3. Васильев, В. П. Искусственный интеллект в каждый автомобиль / В. П. Васильев // Автомобильные дороги. – 2025. – № 4(1121). – С. 74-78. – EDN SKYYZS.
4. Кисуленко, Б. В. Нормирование безопасности автомобилей с искусственным интеллектом / Б. В. Кисуленко // Стандарты и качество. – 2020. – № 5. – С. 92-95. – EDN VCJOGR.
5. Власов, А. С. Разработка и моделирование искусственной нейронной сети для ИИ-водителя в составе беспилотного транспортного средства / А. С. Власов, Т. Н. Круглова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им.

УДК 656.1

Махонина К.А.

Научный руководитель: Лежнева Е.И., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ПРИ ДТП

Оценка ущерба, возникающего в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП), представляет собой многоаспектную задачу, требующую учета широкого спектра факторов, выходящих далеко за рамки простого ремонта поврежденного транспортного средства.

Комплексная оценка предполагает детальный анализ всех видов потерь – материальных, физических, моральных и экономических – для обеспечения справедливой компенсации пострадавшим и эффективной политики по предотвращению ДТП в будущем. Данная проблематика охватывает как традиционные методы оценки, так и современные подходы, использующие передовые технологии и междисциплинарные знания.

Для комплексной оценки ущерба требуется учет следующих аспектов:

1. Материальный ущерб. Он включает в себя стоимость ремонта поврежденных транспортных средств, будь то автомобили, мотоциклы, велосипеды или даже самокаты.

Определение этой стоимости требует привлечения квалифицированных экспертов-оценщиков, которые учитывают степень повреждения, рыночную стоимость запасных частей, стоимость работ по ремонту и покраске, а также износ транспортного средства. Важным моментом является учет особенностей конкретной модели автомобиля, редкости запасных частей и сложности ремонта. В случае, если восстановление автомобиля экономически нецелесообразно, оценивается его стоимость до ДТП, с учетом износа и рыночной конъюнктуры. Кроме того, материальный ущерб может включать повреждение иного имущества, находящегося в транспортном средстве или за его пределами – грузов, личных вещей, дорожных знаков, ограждений и даже зданий. Оценка такого ущерба проводится на

основании рыночной стоимости поврежденного имущества или стоимости его восстановления.

2. Оценка вреда, причиненного здоровью. Он может варьироваться от легких ушибов и ссадин до серьезных травм, приводящих к инвалидности или даже смерти.

Оценка вреда здоровью требует привлечения медицинских экспертов, которые устанавливают степень тяжести травм, определяют необходимые методы лечения и реабилитации, а также оценивают утрату трудоспособности. При этом учитываются как прямые медицинские расходы (стоимость лекарств, операций, госпитализации), так и косвенные расходы, связанные с реабилитацией, уходом за пострадавшим и адаптацией к новым условиям жизни в случае инвалидности. Важно отметить, что оценка вреда здоровью не ограничивается только физическими травмами. ДТП может вызвать серьезные психологические последствия, такие как посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР), депрессия, тревожные расстройства и фобии. Лечение этих расстройств также требует значительных затрат и должно учитываться при оценке ущерба.

3. Моральный ущерб. Он связан с нравственными и физическими страданиями, которые испытывает человек в результате ДТП.

Оценка морального ущерба является субъективной и зависит от множества факторов, включая степень тяжести травм, возраст пострадавшего, его индивидуальные особенности, общественный резонанс происшествия и потерю близких. Определение размера компенсации морального вреда является сложной задачей, которую обычно решает суд, руководствуясь принципами справедливости и разумности. В качестве ориентира суд может учитывать практику рассмотрения аналогичных дел и мнение экспертов-психологов, которые оценивают степень переживаний и страданий пострадавшего.

4. Косвенные экономические потери. Они включают в себя не только прямые расходы на ремонт, лечение и компенсации, но и более широкие экономические последствия, такие как потеря производительности труда, снижение налоговых поступлений, увеличение нагрузки на систему социального обеспечения и расходы на содержание служб экстренного реагирования.

Также ДТП приводят к заторам на дорогах, что влечет за собой потерю времени водителей и пассажиров, увеличение расхода топлива и загрязнение окружающей среды.

Потеря трудоспособности пострадавших приводит к снижению их доходов и уменьшению налоговых поступлений в бюджет. В случае

инвалидности или смерти, государство несет расходы на выплату пособий и пенсий.

Анализ этих косвенных экономических потерь позволяет оценить истинную стоимость ДТП для общества и обосновать необходимость инвестиций в повышение безопасности дорожного движения.

Для проведения комплексной оценки ущерба при ДТП необходимо использовать различные методы и инструменты, включая статистический анализ, экономическое моделирование, экспертные оценки и социологические исследования.

Важным является использование больших данных (Big Data), полученных из различных источников – базы данных ГИБДД, страховых компаний, медицинских учреждений и социальных сетей. Анализ таких данных позволит выявить факторы, способствующие возникновению ДТП, оценить риски и разработать эффективные меры по их предотвращению.

В последние годы все большее распространение получают методы машинного обучения и искусственного интеллекта для оценки ущерба при ДТП. Эти методы позволяют автоматизировать процесс оценки повреждений, прогнозировать стоимость ремонта, выявлять мошеннические действия и оценивать моральный ущерб на основе анализа больших объемов текстовой и визуальной информации. Например, компьютерное зрение может использоваться для автоматической оценки повреждений автомобиля по фотографиям, а алгоритмы обработки естественного языка – для анализа показаний свидетелей и оценки психологического состояния пострадавших.

Несмотря на достигнутый прогресс, комплексная оценка ущерба при ДТП остается сложной и многогранной задачей, требующей постоянного совершенствования методов и инструментов. Необходимо разработать единые стандарты и методики оценки, которые были бы обязательны для применения всеми заинтересованными сторонами.

Также важно повысить квалификацию экспертов-оценщиков и медицинских работников, участвующих в процессе оценки ущерба. Необходимо также улучшить информационное обеспечение процесса оценки, обеспечить доступность и достоверность данных о ДТП, медицинских заключениях и рыночной стоимости имущества.

Комплексная оценка ущерба при ДТП является не только важной задачей для защиты прав пострадавших, но и необходимым условием для разработки эффективной политики по повышению безопасности дорожного движения и снижению экономических потерь, связанных с ДТП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новописный, Е. А. Безопасность транспортных средств: учебное пособие для студентов направления подготовки 23.03.01 – Технология транспортных процессов / Е. А. Новописный. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. – 90 с.

2. Как провести оценку ущерба для транспортных средств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://advokatervis.ru> (дата обращения: 18.10.2025).

3. Как проводят оценку ущерба автомобиля для стоимости восстановительного ремонта? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://umfc.ru> (дата обращения: 19.10.2025).

УДК 004.62

Маширов В.В.

Научный руководитель: Коломыцева Е.П., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРОБЛЕМЫ ХРАНЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Сейчас без больших данных никуда. Компании используют их везде: от рекомендаций, что вам купить, до улучшения работы заводов. Но чтобы обрабатывать такие объёмы, нужны мощные дата-центры и специальные системы. И тут возникает вопрос: как хранить данные так, чтобы места хватило, и как защитить от тех, кто хочет украсть информацию или всё сломать?

Проблемы хранения больших данных

Данных становится всё больше и больше, поэтому нужно постоянно увеличивать мощности. Обычные базы данных уже не могут справиться с нагрузкой. Требуется применять распределённые системы хранения файлов, вроде HDFS или Amazon S3. Тем не менее, это тоже не просто, понадобится сложная настройка и много денег на поддержку.

Есть определённый риск потерять данные, что может привести к погрешностям в аналитике. В таком случае компания теряет свои деньги. Чтобы этого не случилось, делают копии данных, резервные копии и размещают их в разных местах. Но это тоже стоит денег и усложняет управление данными.

Центры обработки данных, используемые для хранения и обработки Big Data, потребляют огромное количество электроэнергии. С целью уменьшения отрицательного влияния на экосистему, нужны новые, эффективные методы охлаждения и хранения данных, способствующие уменьшению объёма потребляемой энергии.

Проблемы защиты больших данных

Большие объёмы данных часто содержат конфиденциальную информацию, в том числе финансовые данные, информацию о здоровье и персональные данные. Утечка такой информации способна привести к значительному ущербу для компании. Именно поэтому необходимо использовать методы шифрования, проверять, кто пытается получить доступ к данным, и ограничивать доступ посторонних лиц. Облачные сервисы предлагают различные инструменты для защиты, но компании все равно должны контролировать соответствие стандартам безопасности. Всегда есть вероятность нахождения новых уязвимостей, как со стороны хакеров, так и среди сотрудников самой организации.

В настоящее время пристальное внимание уделяется тому, как организации собирают и хранят личные данные пользователей. В Европе действует GDPR, в России – закон №152-ФЗ "О персональных данных". Организации несут ответственность за соблюдение множества правил, иначе им грозят штрафы и потеря доверия клиентов.

Современные подходы к решению проблем

Облачные технологии – один из выходов. Они позволяют быстро увеличивать вычислительные мощности по мере необходимости. Шифрование остаётся важной частью защиты данных. Причём шифровать нужно как при хранении, так и при передаче. Ещё один важный момент – разделение данных и контроль доступа. Это позволяет ограничить число людей, которые имеют доступ к определённой информации. И конечно же, сейчас компании используют искусственный интеллект для защиты от кибер-атак. ИИ помогает выявлять атаки на ранней стадии и быстрее на них реагировать.

В настоящее время организации имеют дело с кучей проблем при работе с Big Data. Для устранения этих проблем, требуется системное решение, новые технологии и меры по организации для повышения информационной безопасности. Перспективы за умными системами управления данными, использованием ИИ для защиты и переходом к энергоэффективным способам хранения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кириченко А.А., Петрова Е.С. Информационная безопасность больших данных // Вестник Воронежского института МВД России. 2020. № 1. С. 84-91.
2. Сергеев К.В., Захаров Д.И. Анализ проблем и перспектив развития технологий Big Data // Научные ведомости Белгородского университета. Серия: Экономика. Информатика. 2019. № 3. С. 125-134.
3. Смоляков Ю.Н., Шептунова Н.П. Большие данные и их роль в экономике XXI века // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2021. Том 25. № 1. С. 10-25.
4. Коломыцева Е.П., Сиротин И.В., Коршак К.С. Методы защиты персональных данных в эпоху цифровизации // Материалы конференции «Научные технологии и инновации (XXV научные чтения)» Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2023. С. 717-720.
5. Харламова О.М., Чернякова Г.Ю. Использование технологий Big Data в управлении предприятиями // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 3. С. 14-21.
6. Федотова А.Г., Белов Р.Б. Перспективы и риски использования больших данных в бизнесе // Российский экономический журнал. 2023. № 2. С. 45-55.

УДК 721

Меньшуткина М.Ю., Кийкова Е.Е

Научный руководитель: Чечель И.П., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ГОРОД ВНУТРИ ГОРОДА: ИСТОРИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ ДВОРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ

Архитектура города — это не только фасады и улицы, но и скрытые пространства, где разворачивается повседневная жизнь горожан. Среди них дворовое пространство занимает особое место как морфологическая и функциональная единица, обладающая высокой степенью вариативности. Термин «город внутри города» отражает способность двора организовывать локальное сообщество, регулировать движение, формировать приватность и одновременно быть связующим звеном в городской сети. Анализ исторических типологий двора позволяет выявить закономерности его формирования

и трансформации в зависимости от культурного контекста, плотности застройки, социального устройства и климатических условий [1].

Проблематика дворовых пространств в современной городской среде связана с утратой их социальной и функциональной значимости. Часто дворы рассматриваются лишь как вспомогательные или сервисные зоны, что приводит к снижению их качества и социальной активности. С одной стороны, в современных жилых комплексах наблюдается тенденция к «приватизации» дворов, ограничению доступа и формированию закрытых пространств, что способствует фрагментации городского сообщества. С другой — типичные дворы в старых кварталах подвержены деградации из-за отсутствия адекватного благоустройства и четкой функциональной организации. Это порождает проблему неэффективного использования дворового пространства и снижает качество городской жизни.

Первичные формы дворовых пространств возникают в античной архитектуре, где двор функционировал как центральный элемент жилого объема. В древнегреческих и римских домах (перистиль, атрий) двор выполнял роль климатического регулятора и места общественного взаимодействия (рис.1.). Он имел четко выраженную осевую симметрию и был интегрирован в структуру дома как ядро (рис.2.).



Рис.1. Римский двор «Перистиль»



Рис.2. Условная 3D схема планирование дворового пространства в римских дворах

В средневековом европейском городе двор трансформируется в оборонительный и хозяйственный элемент, часто замкнутый, не имеющий общественного характера (рис.3.).



Рис.3. Средневековый европейский двор

Формируются кластеры домов с общими внутренними пространствами, используемыми преимущественно для утилитарных нужд. В городах Ближнего Востока и Средиземноморья формируются внутренние дворы с ограниченным визуальным контактом, что связано с климатическими и религиозными особенностями [2].

С XVII века, в условиях развития регулярного градостроительства, двор становится инструментом структурирования городской ткани. Во французской и русской традиции формируется тип закрытого квартала с внутренним двором, невидимым с улицы. Архитектура фасада обращена наружу, в сторону общественного пространства, тогда как внутренняя сторона выполняет функции обслуживания — размещение второстепенных подъездов, хозяйственных построек и зон отдыха. Этот тип двора играет роль буфера между частным и общественным, усиливая иерархию пространств. В градостроительном смысле он способствует уплотнению застройки и регламентации движения. При этом двор теряет свою социокультурную активность, становясь пространством обслуживания [3,4].

С наступлением индустриальной эпохи и ростом городского населения структура дворов подвергается глубокой трансформации. В эпоху доходных домов (XIX — начало XX вв.) в европейских и российских городах возникает тип «колодца» — узкого замкнутого двора, где главной задачей становится максимизация полезной площади при минимуме озеленения и инсоляции (рис.4.). Архитектура двора здесь строго утилитарна, он становится «техническим» пространством, лишённым социальной функции [5].

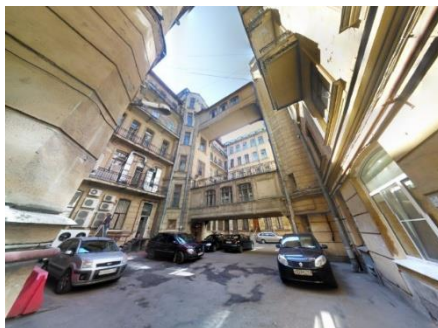


Рис.4. Двор «колодец», Санкт-Петербург

Параллельно в рабочей среде возникают фабричные поселки с дворовыми пространствами, рассчитанными на коллективное использование. Примером может служить планировка Сормова или Невской заставы в России, где двор включает элементы общего быта (прачечные, водоразборные колонки, игровые площадки). Коммунальные формы жилья советского периода также основывались на идее двора как пространства коллективной жизни — отсюда концепции «дома-коммуны» и «расселённого квартала» (рис.5.). Однако позднесоветская типология микрорайонов нивелировала четкие границы дворов, заменяя их на открытые, слабо структурированные пространства между домами [6].



Рис.5. «Дом-коммуна», Новоуральск

В XXI веке наблюдается тенденция к реабилитации дворов как полноценного архитектурного объекта. Современное проектирование стремится к созданию качественных, насыщенных, инклюзивных дворов, в которых реализуются принципы «нового урбанизма» и

«устойчивого развития». Пространства двора вновь обретают роль локального центра, регулирующего социальные и экологические процессы. Наблюдается стремление к смешению функций: двор становится не только зоной отдыха, но и пространством для образования, рекреации, городского сельского хозяйства [7]. В архитектурном плане развивается типология «полузакрытых» и «перетекающих» дворов, где исчезают чёткие барьеры между частным и полу-публичным. Вместе с тем, возникает и новое разделение: элитные жилые комплексы создают «приватизированные» дворы, закрытые от общего доступа, тем самым воспроизводя пространственное неравенство на уровне городского блока [8].

Актуальность темы обусловлена необходимостью переосмысления роли дворов как ключевых элементов городского микроуровня, которые могут способствовать формированию устойчивых и инклюзивных городских сообществ. В условиях урбанизации, экологических вызовов и социальной дифференциации важен поиск баланса между приватностью и общественным характером двора, а также разработка новых типологических моделей, учитывающих современные потребности жителей и градостроительные реалии. Исторический анализ дворовых пространств позволяет выявить принципы их успешного функционирования, что актуально для проектирования современных жилых комплексов и реконструкции старых городских кварталов. Задачи исследования включают в себя: выявление и систематизацию основных исторических типологий дворовых пространств; анализ факторов, влияющих на формирование дворов в разные эпохи и регионы; рассмотрение социальной функции двора и ее трансформации во времени; формулирование рекомендаций для современного градостроительства на основе исторических моделей двора.

История дворовых пространств демонстрирует их исключительную адаптивность и устойчивость как градостроительного элемента. Будучи отражением социального уклада и архитектурной парадигмы своего времени, двор трансформировался от интимного центра семейной жизни до полифункционального узла городской экологии и сообщества. Современные вызовы — от урбанизации до климатических изменений — требуют переосмысления типологии двора не как остаточной зоны, а как ключевого звена «города внутри города», способного формировать устойчивую и живую городскую среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефремова Т.Ф. Современный толковый словарь русского языка: В 3 т. — М. : АСТ, Астрель, Харвест, 2006. — 3000 экз. — ISBN 5-17-013734-6, ISBN 5-271-12338-3, ISBN 985-13-4715-9.
2. Соловьев А.В. Социокультурная эволюция городского двора как общественного пространства // Журнал «Вестник» Рязанского государственного университета им. С. А. Есенина. 2018. № 2. С. 32-39.
3. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. — М.: Стройиздат, 1984. — 256 с.
4. Глазычев, В. Л. Градостроительство: Урбанистика. Часть 1. М.: Аспект Пресс, 2008. - С. 71-113.
5. Даняева Л.Н., Архитектурно-композиционное и типологическое формирование жилых зданий на примере доходных домов середины XIX - XX вв. // Новгород: ННГАСУ, 2020. 182 с.
6. Бранч, Мелвилл К. Проектирование городской среды / Перевод с англ. А.И. Маньшавина ; Под ред. О.В. Кудинова. — Москва : Стройиздат, 1979. — 176 с.
7. Ярмош Т. С. , Михина О.В. Социокультурные принципы проектирования жилой среды // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2014. - № 5. - С. 254-258.
8. Адамчевска-Вайхерт А.Х. Формирование жилых комплексов. Москва: Стройиздат, 1988.-303 с.

УДК 666.123.3

Мехдиева Э.А.

Научный руководитель: Добринская О.А., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Актуальность оптимизации процессов производства существующих стеклокристаллических материалов (ситаллов) диктуется постоянно растущими требованиями промышленности. Одним из ключевых направлений решения этой проблемы является поиск и внедрение альтернативных сырьевых ресурсов, позволяющих снизить себестоимость производства без ущерба для качества конечной

продукции [1]. Поэтому, применение нетрадиционного природного сырья в производстве стеклокристаллических материалов, в настоящее время становится достаточно актуальным.

Ситалл представляет собой поликристаллический материал, полученный кристаллизацией стекол соответствующего химического состава. В настоящее время наблюдается повышенный интерес к стеклокристаллическим материалам, и, в особенности, к их разновидностям – петроситаллам, получаемым из стекол на основе горных пород [2]. Анализ существующих работ по теме [3-5] показал, что наибольшее предпочтение отдается магматическим горным породам, таким как габбро, гранитоиды, диабаз, базальт и другие, реже применяются горные породы осадочного происхождения [5,6].

В данной работе исследование направленно на изучение возможности использования осадочный горных пород, в частности, опоковидной породы, в качестве основного компонента шихт для варки стекол и их дальнейшей ситаллизации.

Цель работы – изучение возможности использования опоковидной горной породы Белгородской области в технологии стекол и стеклокристаллических материалов.

В качестве объектов исследования в работе были использованы материалы, химические составы которых представлены в табл.1:

- опоковидная порода – ОП1 (Яковлевский участок, Белгородская обл.);
- опоковидная порода – ОП2 (Губкинский участок, Белгородская обл.).

Таблица 1 – Усредненные химические составы исследуемых материалов

Горная порода	Содержание оксидов, мас.%								W*, %	ППП %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂		
ОП1	80,74	10,54	2,9	0,772	1,79	0,303	1,84	0,596	2,03	1,94
ОП2	83,77	7,43	3,4	0,772	1,3	0,137	1,83	0,365	2,60	2,78
* - относительная влажность материалов, %										

Оценка пригодности исследуемых горных пород к стекловарению и ситаллизации проводилась по двум показателям: силикатному коэффициенту основности и положению фигуративных точек составов на соответствующих диаграммах состояния трехкомпонентных систем.

Силикатный коэффициент основности ($K_{осн}$) является одним из основных показателей при комплексной химической оценке исходных материалов, а также пригодности их использования в технологии стекла

и ситаллов [7], расчет которого производится по оксидному химическому составу материалов. По величине $K_{осн}$ выделяют 5 групп материалов: ультраосновные ($K_{осн} > 1,6$), основные ($1,2 < K_{осн} < 1,6$), нейтральные ($0,8 < K_{осн} < 1,2$), кислые ($0 < K_{осн} < 0,8$), ультракислые ($K_{осн} < 0$). В технологии стекла и стеклокристаллических материалов рекомендуется использование сырьевых материалов с высоким уровнем кислотности (кислые ($0 < K_{осн} < 0,8$) и ультракислые ($K_{осн} < 0$) – горные породы с высоким содержанием в составе кремнезема ($SiO_2 > 65$ мас.%) [8].

Исследуемые в работе породы, согласно рассчитанным значениям ($K_{осн} (ОП1) = -0,041$, $K_{осн} (ОП2) = -0,03$), относятся к ультракислым, а следовательно, могут считаться пригодными к использованию в качестве сырья для производства стекла и стеклокристаллических материалов.

Как показал анализ расположения фигуративных точек составов горных пород на тройной диаграмме состояния системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ (рис.1) исследуемые породы обладают высокой склонностью к стеклообразованию, поскольку находятся вблизи пограничной кривой. Напротив, к самопроизвольной кристаллизации, согласно правилу Куманина-Мухиной, расплавы материалов не склонны.

Данные, полученные в результате теоретического анализа, подтверждаются результатами эксперимента, в ходе которого было разработано 2 серии шихт для синтеза стекол на основе исследуемых опоковидных пород: 1-я – без использования инициатора кристаллизации, 2-я – с инициатором, в качестве которого выступал оксид хрома (III) (Cr_2O_3) в количестве 1,0 мас.% [9].

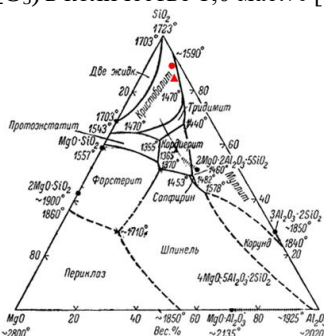


Рис.1. Расположение точек составов исследуемых горных пород на диаграмме состояния трехкомпонентной системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ (по Муану и Осборну) (▲ – точка состава породы ОП1; ● – точка состава породы ОП2)

Варка разработанных шихт производилась в лабораторной муфельной печи при температуре 1450 °С и времени выдержки 60 минут.

Как видно на рис.2 в результате термообработки шихт 1-ой серии (рис. 2. а, б) получены равномерно проваренные стекла, дальнейшая термообработка которых не привела к кристаллизации; термообработка шихт 2-ой серии позволила получить материал, имеющий, по визуальной оценке, плотную закристаллизованную структуру (рис.2. в, г).

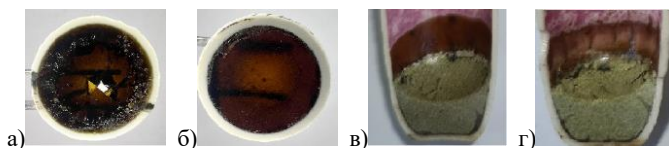


Рис.2. Снимки материалов, полученных в результате термообработки шихт 1-ой серии: а – ОП1, б – ОП2; шихт 2-ой серии: в – ОП1, г – ОП2.

Дальнейшие исследования будут направлены на выявление оптимального количества инициаторов кристаллизации, а также температурно-временных параметров процесса.

В результате проведенного исследования удалось установить, что получение стеклокристаллических материалов из шихт на основе опоковидных горных пород, участки залегания которых находятся в Белгородской области, возможно, но при условии присутствия инициатора кристаллизации, в противном случае, добиться мелкокристаллической ситалловой структуры не представляется возможным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаманина А.В. Оценка эффективности механоактивации кремнеземсодержащих горных пород / А.В. Шаманина, А.М. Айзенштадт, В.М. Кононова, В.Е. Данилов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 5. – С. 19-27.
2. Павлушкин Н.М. Основы технологии ситаллов / Н.М. Павлушкин. М.: Стройиздат, 1979. – 538 с.
3. Махмудов Ш.А.У. Стеклокристаллические материалы на основе горных пород / Ш.А.У. Махмудов, Д.Д.У. Баркинов, В.В. Андреев // Евразийское научное объединение. – 2020. – № 6-2. – С. 136-138.

4. Бобкова, Н. М. Получение износостойких петроситаллов на основе диабазов Республики Беларусь / Н. М. Бобкова, С. Е. Баранцева, А. И. Галабурда // Вестник Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. – 2002. – № 1. – С. 92-95.

5. Саркисов П.Д. Стеклообразование и кристаллизация стекол системы $\text{Si}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{FeO})-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{R}_2\text{O}$ // Стекло и керамика. – 1995. – № 11. – С. 6-7.

6. Мелконян Р.Г. Аморфные горные породы – новое сырье для стекловарения и строительных материалов / Под общей ред. д.т.н., проф. Мазура И.И. М.: «НИАПРИРОДА», 2002. – 388 с.

7. Минько Н.И. Некоторые особенности кристаллизации стекол систем $\text{Na}_2\text{O}-\text{FeO}-\text{SiO}_2$ и $\text{Na}_2\text{O}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ / Н.И. Минько, Н.Ф. Жерновая // Физика и химия стекла. – 1987. – № 4. – С. 496-501.

8. Добринская О.А. Реакционная способность аморфных горных пород с точки зрения их взаимодействия в шихтах для стеклокристаллических материалов / О.А. Добринская, Н.И. Минько // Физика и химия стекла. – 2022. – т.48. – № 5. – С. 607-615.

9. Жунина Л.А. Пироксеновые ситаллы / Л.А. Жунина, М.И. Кузьменков, В.Н. Яглов. Минск: Изд-во БГУ, 1974. – 224 с.

УДК 004.41

Миронченко И. А.

*Научный руководитель: Бережная И. Н., канд. социол. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

КИБЕРПРОСТРАНСТВО КАК НОВАЯ ФОРМА ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА

В современном мире всё больше поднимаются проблемы, связанные с информационными технологиями. Резкие перемены в этой области пугают людей. Одним из таких страхов является возможность прекращения какого-либо живого общения. Все мы привыкли к общественному пространству. Но в эру технологий человек обрел новое пространство – киберпространство.

Уильям Гибсон в своем романе "Нейромант" (1984 г.) впервые упомянул этот термин, тем самым популяризовав его. Он описал его как: "Согласованная галлюцинация миллиардов пользователей... Графическое представление данных, извлеченных из банков памяти каждого компьютера в системе человека. Невообразимая сложность"[2,

с. 4]. Изначально это была футуристическая метафора, но с появлением Интернета его слова стали точным описанием новой реальности.

Точного определения понятия «киберпространство» нет. Его терминология трактуется пропорционально эволюции информационных технологий, так как за счёт их развития расширяются границы «киберпространства». В данной статье рассматривается понятие «киберпространство» как виртуальное пространство, созданное компьютерными сетями, служащее для передачи, хранения и обмена информации. У него нет физической территории, есть только виртуальная (веб-сайты, соц. сети, игровые миры и т. д.). Человек не имеет возможности буквально прикоснуться к нему, но с помощью определенных, в наше время ставших общедоступных, устройств можно там оказаться. Чётких границ киберпространство не имеет, а также ни одной стране она не принадлежит. Главная его роль – это взаимоотношения. Киберпространство представляет собой новую среду обитания современного человека [1]. Иными словами, это целая «вселенная» внутри компьютерных сетей. На рисунке 1 представлена схема, где проиллюстрировано, что именно включает в себя понятие «киберпространство».

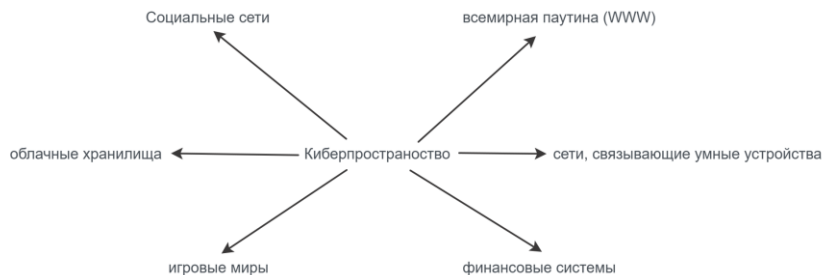


Рис. 1 схема «киберпространство»

Для того, чтобы полностью понять термин «киберпространство», рассмотрим плюсы и минусы его.

Плюсы киберпространства:

1. Главный плюс – новый уровень коммуникации: появилась возможность поддерживать общение почти из любой точки планеты, а главное делать это регулярно [3]. Также благодаря социальным сетям человек может легко найти сообщества по самым нишевым интересам (хобби, развлечения, творчество, спорт и т. п.)

2. Неограниченный доступ к информации: человек может легко и

быстро найти любую нужную информацию (новости, книги, статьи, видеоматериалы и т. п.). Благодаря появлению онлайн-курсов каждый из нас может получить почти любое образование находясь в домашних условиях или повысить квалификацию.

3. Возможность сделать жизнь комфортнее: в сфере работы появилась возможность найти вакансию, где не требуется быть привязанным к определенному зданию или офису. Также человек может покупать определённые товары, не выходя из дома.

4. Творчество, развлечения и самовыражение: любой человек может стать блогером, писателем, музыкантом или художником, получив свою первую популярность именно в «киберпространстве». Появилась также возможность посещения выставок или музеев в дистанционном формате.

Минусы киберпространства

1. Появление киберпреступности и мошенничества: Фишинг, вирусы-вымогатели, взломы банковских счетов, утечки данных.

2. Угрозы приватности: некоторые сайты или приложения могут собирать огромные объемы данных о пользователях, даже если человек не давал своего согласия.

3. Кибербуллинг: появление кибербуллинга стала главной проблемой в 21 веке. Травля может быть в любой форме (анонимной или нет), из-за разных причин (пол, раса, внешний вид и т. п.). К сожалению, некоторые из таких случаев заканчивались летальным исходом.

4. Деграция и социальная изоляция: замена живого общения виртуальным зачастую приводит к трудностям в реальном мире или отсутствия какого-либо желания возвращаться в него. Интернет-зависимость как форма психического расстройства получила название кибераддикция [4].

5. Дезинформация: Ложная информация зачастую распространяется быстрее правдивой.

6. Цифровое неравенство: определённые слои населения уязвимы для мошенников. Также не у всех есть возможность пользоваться информационными технологиями.

Да, киберпространство имеет множество минусов, но с каждым годом их становится всё меньше и меньше, что позволяет каждому комфортно и безопасно ощущать себя в «новом» пространстве. Благодаря мерам усилению эффективности в рамках цифровизации происходит регулирование цифровой среды, расширение доступа к интернету, внедрение более простых и гибких программ. Всё это

позволяет пользоваться информационными технологиями большому количеству населения, пользоваться с комфортом, находится в менее уязвимом пространстве и решать более сложные задачи. Цифровизация социально-экономических процессов характеризуется не только внедрением технологий и помощи с их освоением, но также трансформацией общества и механизма его взаимодействия с окружающей средой [5]. Она реализует предпосылки и развитие «цифровой свободы», но также создаёт или может создать в будущем ряд проблем, связанных с взаимоотношением человека и технологий.

С приростом развития информационных технологий появилось такое понятие как «киберсоциализация». Это определенная социализация личности в киберпространстве. Киберсоциализация – это процессы и методы, помогающие человеку лучше адаптироваться в киберпространстве. В современных условиях она, как представляется, является неотъемлемым этапом развития человека, живущего в социальных реалиях нашего столетия.

Задачи киберсоциализации актуализируют проблему исследования специфики киберпространства как определенной важной формы социального пространства, имеющей многочисленные связи со всеми сферами общества. Со своими ценностными основаниями оно представляет целую «вселенную», в которой человек обретает свободу, ощущая единство себя и мира, позволяет улучшить качество жизни.

Таким образом, выполняя функции общественного пространства, сегодня киберпространство дает новые возможности для развития человека. Тенденции развития науки и технологий иллюстрируют увеличение роли киберпространства в будущем. Однако процесс расширения доли киберпространства ставит новые проблемы, связанные с его функционированием. Как представляется ключевым в это процессе должен быть человек.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Добринская, Д.Е. Киберпространство: территория современной жизни [Текст] / Д.Е. Добринская // Вестник Московского университета. Серия 18. Социология и политология. — 2018. — № 1. — С. 52–70.
2. Гибсон, У. Нейромант [Текст] / Уильяма Гибсона — Нью-Йорк: Ace Books, 1984 – 544 с.
3. Соколова, А.С. Анализ преимуществ и недостатков интернет-коммуникаций [Текст] / А. С. Соколова // Научный аспект. — 2023. — № 5. — С. 2924–2931.

4. Пищелко, А.В. Проблема негативных последствий жизнедеятельности личности в киберпространстве / А.В. Пищелко // Прикладная юридическая психология. – 2018. – № 3 (44). – С. 19–23.

5. Кочина, С.К. Цифровая реальность социально-экономических процессов: дихотомия свободы и рабства / С.К. Кочина, Е.В. Солодова, И.Н. Бережная // KANT. – 2024. – № 4(53). – С. 76-86.

УДК 004.051

Миронченко И.А.

Научный руководитель: Крюков А. В., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ ОПЕРАЦИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ДАННЫХ

Структуры данных являются фундаментальным понятием в программировании, от выбора которых напрямую зависит эффективность, читаемость и производительность программного обеспечения. Среди базовых коллекций особое место занимают списки (или массивы) и множества. Несмотря на схожесть в предназначении – хранение набора элементов – их внутренняя реализация и, как следствие, вычислительная сложность основных операций кардинально различаются [1]. Несмотря на сходство на концептуальном уровне – оба представляют собой контейнеры объектов – их внутренняя организация, семантика операций и, как следствие, вычислительная сложность кардинально различаются. Списки, являющиеся упорядоченными последовательностями, обеспечивают эффективный доступ по индексу, но операции проверки вхождения или удаления дубликатов в них имеют линейную сложность $O(n)$. В то же время множества, основанные на математической модели и реализуемые, как правило, с использованием хэш-таблиц, предоставляют константное $O(1)$ в среднем время для операций вставки, удаления и проверки принадлежности элемента, однако не сохраняют порядок элементов и требуют большего потребления памяти [2].

Произведем сравнительный анализ быстродействия операций со списками и множествами в контексте двух языков программирования: компилируемого C++ и интерпретируемого Python. Цель работы – эмпирически проверить, насколько теоретические оценки сложности алгоритмов соответствуют практическим результатам, и дать четкие

рекомендации по выбору оптимального типа данных в зависимости от решаемой задачи.

Проведем сравнительный эмпирический анализ быстродействия выполнения основных операций (добавление элемента, проверка его наличия, удаление элемента, итерация по всем элементам) при работе со списками и множествами в языках C++ и Python. Для достижения поставленной цели в работе формулируются следующие задачи:

1. Разработать методику для измерения времени выполнения ключевых операций на коллекциях различного размера.
2. Выполнить серию контрольных замеров производительности, обеспечив статистическую значимость результатов.
3. Провести сравнительный анализ полученных данных, выявить закономерности и аномалии, объяснив их с точки зрения внутреннего устройства языков и структур данных.

Опираясь на проведенный анализ сформулировать практические рекомендации по выбору между списком и множеством в зависимости от специфики задачи и выбранного языка программирования.

Приведенные опыты проводились на одном устройстве с закрытыми сторонними приложениями, все фоновые процессы по возможности были отключены. Основные характеристики устройства: Оперативная память объёмом на 16 гигабайт, процессор модели Intel(R) Core(TM) Ultra 5 125H.

Сначала программа 10 раз запускалась без замера времени, после этого еще 10 раз с замером времени, которое суммировалось и делилось на количество запусков. Полученные числа представлены в работе в качестве времени, которое потребовалось для вывода результата на экран.

К примеру, напишем программу, которая будет создавать массив или множество, состоящих из случайных элементов. В каждой программе будет сто тысяч элементов. Сравним время вывода на экран всех элементов.

Фрагменты программ [3] на языке программирования C++ при работе со списком и множеством представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительное время выполнения программ

<pre>srand(time(0)); int size = 100000; vector<int> a(size); cout << "Исходный массив: "; for (int i = 0; i < size; i++) { a[i] = rand() % 201 + MIN_VAL; cout << a[i] << " "; } }</pre>	<pre>std::random_device rd; std::mt19937 generator(rd()); std::uniform_int_distribution<int> distribution(- 100000, 100000); std::unordered_set<int> mySet; while (mySet.size() < 100000) { mySet.insert(distribution(generator)); } int count = 0; for (const auto& element : mySet) { std::cout << element << " "; count++; }</pre>

Фрагмент программы на языке программирования Python при работе со списком и множеством представлены в таблице 2

Таблица 2. Сравнительное время выполнения программ

<pre>array = [random.randint(-100, 100) for i in range(100000)] print(array)</pre>	<pre>array = set() while len(array) < 100000: array.add(random.randint(-100000, 100000)) print(array)</pre>

Вывод всех элементов массива на языке Python осуществился за 0.81 сек., а множества за 0,84. Массив написанный на языке C++ вывелся за 8,71 сек, а множество за 10,08 секунд.

Теперь напомним программы проверяющую на наличие элемента равного нулю. Задача остаётся той же: сравнить время вывода определенного параметра. Для языка программирования Python использовался массив, состоящий из 10 миллионов элементов, а для языка программирования C++ 1 миллион элементов.

Фрагменты программ на языке программирования C++ при работе со списком и множеством представлены в таблице 3

Таблица 3. Сравнительное время выполнения программ

<pre>bool Prov = false; for (int i = 0; i < size; i++) if (a[i] == 0) { Prov = true; break } if (Prov) cout << "0 найден"; else cout << "0 НЕ найден";</pre>	<pre>auto it = mySet.find(0); if (it != mySet.end()) std::cout << "0 найден"; else std::cout << "0 НЕ найден";</pre>

Фрагмент программы на языке программирования Python при работе со списком и множеством представлены в таблице 4.

Таблица 4. Сравнительное время выполнения программ

if 0 in array: print("0 найден") else: print("0 НЕ найден")	if 0 in array: print("0 найден") else: print("0 НЕ найден ")

Ответ на поставленный вопрос на языке Python с использованием массива осуществился за 3,6 сек., а с использованием множества за 9,2 секунды. На языке программирование C++ ответ за 0,9 сек (используя тип данных «списки»), а с использованием множества за 3,2 секунд.

В сводной таблице 5 представлены задания и время их выполнения на языках C++ и Python с разными типами данных.

Таблица 5. Сравнительное время выполнения программ

Язык программирования	Тип данных	Задание	Время выполнения
C++	Списки	Вывод элементов	8,71 с.
C++	Множества		10,08 с.
Python	Списки		0,81 с.
Python	Множества		0,84 с.
C++	Списки	Проверка на наличие определённого элемента	0,9 с.
C++	Множества		3,2 с.
Python	Списки		3,6 с.
Python	Множества		9,2 с.
C++	Списки	Создание массива, а затем удаление всех элементов из него	1,38 с.
C++	Множества		6,03 с.
Python	Списки		1,61 с.
Python	Множества		1,19 с.
C++	Списки	Добавление отрицательных элементов, массив/множество, состоящего из положительных элементов	8,9 с.
C++	Множества		10,9 с.
Python	Списки		0,89 с.
Python	Множества		0,94 с.

Проведенное сравнительное исследование быстродействия основных операций при работе со списками и множествами в языках C++ и Python позволяет сформулировать ряд обоснованных выводов.

В языке C++ программы, написанные с использованием массивов (векторов), производят вывод, удаление, добавление и анализ быстрее,

чем программы с типом данных «множество». Это происходит из-за того, что в массиве элементы расположены последовательно [4].

Если сравнивать время выполнения программ, написанных на языке программирования Python, можно сказать, что у обоих типов данных время выполнения задач примерно равны.

Ключевым практическим выводом исследования является разработка модели выбора структуры данных, основанной на анализе преобладающих операций:

1) Для сценариев с доминированием операций проверки вхождения и удаления дубликатов оптимальным выбором являются множества (`set` в Python, `std::unordered_set` в C++).

2) Для задач, требующих последовательного доступа или частых операций с указанием индекса, целесообразно применение списков (`list` в Python, `std::vector` в C++).

Тип данных «списки» лучше всего использовать если требуется доступ к индексам, нужен частый последовательный доступ, важен определенный порядок элементов. В свою очередь тип данных «множество» используется если важен быстрый поиск, автоматическая уникальность элементов.

Полученные результаты имеют существенную практическую ценность для разработчиков, позволяя принимать обоснованные архитектурные решения на этапе проектирования программных систем. Дальнейшие исследования в данной области могут быть направлены на анализ потребления памяти, производительности в многопоточных средах, а также сравнительную оценку специализированных структур данных для обработки больших объемов информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мирзоева, К.А. Строки, списки и операции над ними в языках программирования Python и C++ [Текст] / К.А. Мирзоева // *Society and innovation*. — 2023. — № 3. — С. 68-72.

2. Крюков, А. В. Исследование приемов оптимизации программного кода по затратам процессорного времени / А. В. Крюков, А. К. Трикула // Международная конференция "Актуальные проблемы робототехники и автоматики", Белгород, 08–09 октября 2015 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 109-113

3. Дрянков, Д. А. Работа со строками в языке программирования Python [Текст] / Д. А. Дрянкова // Студенческий вестник. — 2023. — № 47-10 (286). — С. 47-51.

4. Кувардин, М.В. Сравнение структур данных, связной список и массив структур с использованием примеров на языке программирования C++ [Текст] / М.В. Кувардин // Научные исследования XXI века. — 2021. — № 2 (10). — С. 69-72.

УДК 656.13

Москалев Д.М., Цой Е.А., Орлов Л.В.

Научный руководитель: Семькина А.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ МАРКИ ВАЗ

Студенты, находящиеся в молодом возрасте, которые еще не осуществляют трудовую деятельность, хотят стать автовладельцами, чтобы добираться намного быстрее до университета. Материальных средств для приобретения нового автомобиля может быть недостаточно, поэтому выбор многих студентов падает на автомобили невысокого класса, преимущественно по более низкой цене. К таким недорогим автомобилям можно отнести автомобили марки ВАЗ. В этом автомобиле привлекает студентов его цена и простота, а также большое количество наличия запасных частей в доступности. Из этого следует, что при возникновении неисправностей автомобилей будет не так сложно найти нужные запасные части и восстановить утраченную работоспособность.

Преимуществом эксплуатации автомобилей марки ВАЗ является его простота, позволяющая осуществлять техническое обслуживание и ремонт самостоятельно. В результате проведения экспериментальных исследований на выбранном автомобиле были обнаружены частые основные неисправности и проблемы, с которыми сталкивается большинство владельцев такого автомобиля:

- текущая помпа;
- выход из строя бензонасоса;
- плавающие обороты;
- нестабильная работа двигателя;
- слабая работа тормозов и др. [1].

Помпа со временем работы разбалтывается и теряет свою герметичность, что вызывает протечку охлаждающей жидкости. Это частая проблема, но стоимость новой детали и сложность замены не высока.

Бензонасос в этих автомобилях тоже часто выходит из строя, но эту проблему решает установка нового бензонасоса с усиленным штоком. Усиленный шток выполнен из более прочного металла, что позволяет сделать конструкцию бензонасоса более износостойкой и долговечной [2,3].

Плавающие обороты и нестабильность работы двигателя при исправно работающих всех деталях также частая проблема, с которой сталкиваются владельцы «жигулей» время от времени. Для решения данного вопроса необходима настройка клапанов, отрегулировка их зазоров по специальным щупам. После этого необходимо почистить детали карбюратора и настроить его [4].

Слабая работа тормозов может быть связана с негерметичностью тормозной системы, вызывающей подтекание тормозной жидкости и вследствие, слабые тормоза. Для ремонта этой неисправности необходимо найти утечку, исправить ее, залить тормозную жидкость и прокачать тормоза [5].

Также частая проблема, влияющая на тормозную систему - это заклинившие тормозные цилиндры в следствии коррозии. Коррозия может быть вызвана нарушением герметичности пыльника тормозного цилиндра. Необходимо заменить пыльники и тормозные цилиндры, залить тормозную жидкость и прокачать тормоза. Также можно разработать тормозной цилиндр и заменить только пыльники.

Это наиболее частые отказы, возникающие при эксплуатации автомобилей ВАЗ. Для предотвращения возникновения таких неисправностей необходимо осуществлять постоянный контроль за техническим состоянием всех узлов и агрегатов и своевременно производить техническое обслуживание и ремонт. Полученный опыт в процессе ремонта может позволить заниматься более серьезными неисправностями.

Автомобили марки ВАЗ являются отличным выбором в качестве бюджетного автомобиля для студентов, позволяющем получить огромный опыт при проведении ремонта и ТО самостоятельно, изучить детально конструкцию и основные неисправности автомобиля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семыкина, А.С. Особенности создания клиентированной компании для сферы сервиса транспортных и технологических машин / Семыкина А.С., Конев А.А. // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-2. С. 225-227.
2. Руководителю предприятия. Внедрение системы автоматизации, основные проблемы и задачи / [Электронный ресурс] // klerk: [сайт]. — URL: <https://www.klerk.ru> (дата обращения: 19.10.2025).
3. Руководителю предприятия. Внедрение системы автоматизации, основные проблемы и задачи / [Электронный ресурс] // klerk: [сайт]. — URL: <https://www.klerk.ru> (дата обращения: 19.10.2025).
4. Петрук, М. В. Развитие городского общественного транспорта / М. В. Петрук, В. В. Гармашов, М. Артыков // Сборник докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Сборник докладов конференции, Белгород, 29–30 мая 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 190-195.
5. Семыкина, А.С. Исследование транспортных характеристик автомобильного транспорта / А.С. Семыкина, Н.А. Загородний, К.Д. Столяров, Д.О. Сапранова // В сборнике: Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее. Сборник статей 4-й Международной научно-технической конференции. Отв. редактор Е.В. Агеев. Курск, 2022. С. 115-118.

УДК 004.4:004.438.2:338.4

Мурашко И.С., Ключкина В.А., Ключкин А.В.

Научный руководитель: Игрунова С.В., канд. соц. наук, доц.

Воронежский государственный технический университет,

г. Воронеж, Россия

РАЗРАБОТКА КРОСС-ПЛАТФОРМЕННОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МАГАЗИНА МУЗЫКАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА БАЗЕ ФРЕЙМВОРКА SPRING

Современный рынок цифровых услуг все чаще развивается к созданию кроссплатформенных решений, позволяющих охватить максимально широкую аудиторию пользователей независимо от используемых ими устройств и операционных систем. Данный подход имеет особую значимость в сегменте электронной коммерции, где

удобство, скорость работы и функциональность приложения напрямую влияют на коммерческий успех [1, 2].

Сфера торговли музыкальным оборудованием не является исключением, требуя от цифровых платформ не только стандартного набора функций онлайн-магазина, но и возможности эффективного представления специфического товара с его многочисленными характеристиками и изображениями.

Авторский коллектив предлагает разработку функционального прототипа веб-приложения «Магазин музыкального оборудования» с использованием фреймворка Spring, которое позволит пользователям осуществлять поиск, выбор и управление продукцией музыкального оборудования. Основной целью этого проекта является создание интуитивно понятного интерфейса, который упростит взаимодействие пользователя с каталогом товаров, предоставляя возможность удобно управлять своими заказами и запросами.

В рамках анализа аналогов были исследованы такие популярные онлайн-магазины, как «Музыкальная планета» и «Jazz-Shop». При анализе выявлен общий набор ключевых параметров, как каталог товаров с категориями, система поиска и фильтрации, корзина покупок и личный кабинет пользователя [3]. Удобство и скорость работы интерфейса напрямую коррелируют с удержанием внимания пользователя, тем самым снижая пользовательский отток.

На основе проведенного анализа для разрабатываемого приложения был определен следующий базовый функционал:

- список товаров, означаемый, что в приложении реализуется возможность формирования общего списка музыкального оборудования, позволяющего пользователю просмотреть все доступные товары в табличном формате с их описанием;
- добавление и редактирование продуктов, реализующий функций для добавления новых товаров в базу данных, а также возможность отредактировать уже имеющуюся информацию о уже существующих продуктах, что включает такие характеристики, как название, тип, производитель, артикул и год выпуска;
- описание товаров, где для каждого товара в списке будет храниться дополнительное описание, содержащее всю необходимую информацию, которая может заинтересовать потенциального покупателя.

Архитектура приложения основана на принципах трехуровневой архитектуры, включающей слои Presentation Layer, Business Logic

Layer, Data Access Layer, что позволит обеспечить четкое разделение ответственности и упростить разработку и поддержку кода [4].

Серверная часть реализована на Java с использованием фреймворка Spring Boot для ускоренной настройки и развертывания. Для взаимодействия с данными применялся Spring Data JPA (Hibernate в качестве реализации), что позволит не тратить время на SQL-запросы и даст сосредоточиться на сложной бизнес-логике [5].

В качестве системы управления базами данных была выбрана PostgreSQL благодаря ее надежности, производительности и простоте интеграции со Spring. Уровень представления был реализован с помощью шаблона представления Apache FreeMarker (FTL).

Перед запуском приложения произведена соответствующая настройка конфигурации подключения к СУБД PostgreSQL. Приложение запускается на встроенном сервере Tomcat по адресу localhost:8080. Главная страница сайта представлена на рисунке 1.

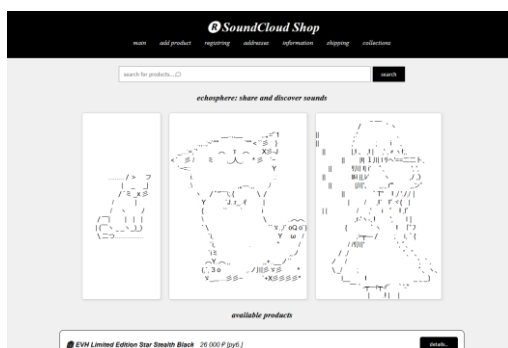


Рис. 1 – Главная страница сайта

Имеется возможность перейти на товар и прочитать дополнительную указанную информацию (рисунок 2).

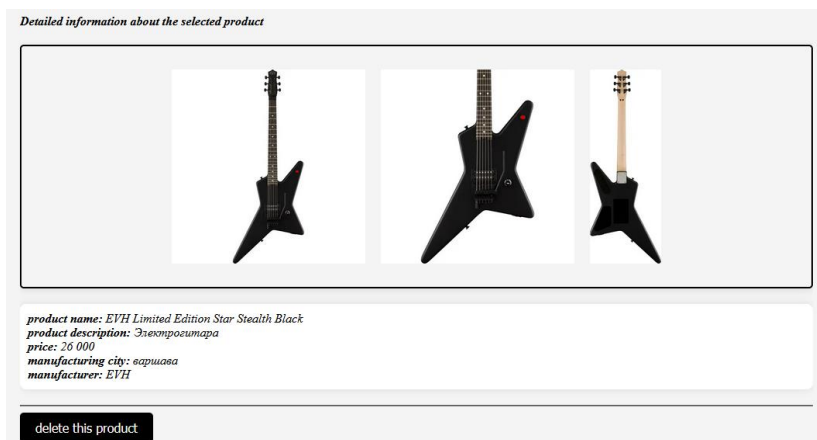


Рис. 2 – Подробная информация о товаре

Страница добавления товара представлена на рисунке 3.

The screenshot shows the "add product" page of the SoundCloud Shop. At the top is a navigation bar with links: "main", "add product", "registering", "addresses", and "information". The main content area contains a form with the following fields: "name product (en):", "description product(en):", "price P [руб.]:" with a dropdown arrow, "manufacturing city:", "manufacturer:", "first photo:" with a file selection button and the text "Файл не выбран.", "second photo:" with a file selection button and the text "Файл не выбран.", and "third photo:" with a file selection button and the text "Файл не выбран.". At the bottom of the form is a button labeled "add product". The footer contains the copyright notice "© 2024 SoundCloud Shop. Все права защищены." and a small disclaimer in Russian.

Рис. 3 – Страница добавления товара

При добавлении фотографии она автоматически делится на массив байтов, после чего сохраняется в таблицу базы данных. Сохраненные фотографии в базе данных представлены на рисунке 4.

Data Output Messages Notifications									
Showing rows: 1 to 6 Page No: 1 of 1									
	id [PK] bigint	bytes oid	content_type character varying (255)	is_preview_image boolean	name character varying (255)	original_file_name character varying (255)	size bigint	product_id bigint	
1	2	16635	image/jpeg	true	file1	sh1.jpg	4408	2	
2	3	16636	image/jpeg	false	file2	sh1.jpg	4408	2	
3	4	16637	image/jpeg	false	file3	sh1.jpg	4408	2	
4	102	16654	image/jpeg	true	file1	sh1.jpg	4408	152	
5	202	16656	image/jpeg	true	file1	sh2.jpg	3848	252	
6	352	16691	image/jpeg	true	file1	sh1.jpg	4408	402	

Рис. 4 – База данных сохраненных фотографий

Следующей идет страница добавления клиентов. Интерфейс добавления клиента представлен на рисунке 5.

create a new customer

enter full name:

enter true email (@@):

age:

country of residence:

ФИО: Ларионов Анатолий Максимович Э.Почта: Larion@mail.ru Возраст: 25 Страна: Russia

ФИО: Цып Виталий Олегович Э.Почта: tsal34@mail.ru Возраст: 34 Страна: USA

Рис. 5 – Интерфейс добавления клиента

Интерфейс поиска на этой странице дает возможность находить клиентов по полному имени. Найденный по запросу клиент отображается в соответствии с данными, приведенными на рисунке 6.

ФИО: Ларионов Анатолий Максимович Э.Почта: Larion@mail.ru Возраст: 25 Страна: Russia

Рис. 6 – Результат поиска по конкретному имени

В результате проведенной работы осуществлена разработка веб-приложения, ориентированного на онлайн-торговлю музыкальной аппаратурой. Главной особенностью реализации стало применение технологического стека Spring Framework. Использование данного подхода позволило организовать архитектуру программного комплекса

в соответствии с общепринятыми стандартами промышленной разработки. Полученное решение демонстрирует возможности масштабирования, а его сопровождение не вызывает сложностей.

Приложение выполняет поставленные задачи по предоставлению пользователю функционала для просмотра, поиска и управления товарами и клиентами. Трехуровневая архитектура обеспечила модульность системы, а применение Spring Boot значительно ускорило процесс разработки.

Перспективы дальнейшего развития проекта включают в себя добавление корзины покупок и системы оформления заказов, интеграцию с платежными системами, реализацию аутентификации и авторизации пользователей, а также разработку REST API для возможности создания мобильного клиента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Среда разработки IntelliJ IDEA. – URL: <https://tproger.ru> (дата обращения: 10.10.2025).
2. Основы работы с фреймворком Spring: доступ к базам данных. – URL: <https://spring.io> (дата обращения: 10.10.2025).
3. Создание RESTful веб-сервисов с использованием Spring. – URL: <https://spring.io> (дата обращения: 11.10.2025).
4. Введение в Spring Boot. – URL: <https://spring.io> (дата обращения: 12.10.2025).
5. Проектирование систем с использованием паттернов проектирования. – URL: <https://www.javacodegeeks.com> (дата обращения: 12.10.2025).

УДК 004.934.2

Мурзин Е.А., Дубровин А.Н.

Научный руководитель: Репьюк Н.С., ст. преп.

*Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники, г. Томск, Россия*

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРНЫХ ЗВОНКИХ ЗВУКОВ

Изучение шумных парных звонких согласных ([б]–[б’], [в]–[в’], [г]–[г’], [д]–[д’], [з]–[з’], [ж]) в русском языке, их акустических параметров, сочетаемости и особенностей произношения остаётся

актуальной задачей современной фонетики. Согласно данным Google Академии за последние пять лет, по запросу «шумные звонкие согласные, русский язык, параметры, произношение» найдено лишь 74 статьи, что значительно меньше по сравнению с более общими запросами, такими как «звонкие согласные» (5360 статей) или «произношение, русский язык» (11600 статей). Это указывает на недостаточную изученность специфических аспектов шумных звонких согласных, несмотря на их ключевое значение для фонетической системы русского языка [1].

Актуальность темы обусловлена несколькими факторами. Во-первых, шумные звонкие согласные играют важную роль в фонологической системе русского языка, влияя на разборчивость речи и её восприятие. Ошибки в их произношении, включая оглушение или утрату мягкости, часто встречаются как у носителей языка, так и у изучающих русский как иностранный, что подчёркивает необходимость детального анализа их артикуляционных и акустических характеристик. Это подтверждается в работах [3–7, 9–13]. Во-вторых, развитие технологий автоматического распознавания и синтеза речи требует точных данных о параметрах этих согласных (например, времени начала озвончения или формантных частот) для улучшения алгоритмов обработки речи. Это подтверждается в работе [6]. В-третьих, изучение сочетаемости и произношения звонких согласных в различных фонетических контекстах (кластерах, слиянии с предлогами, ударных и безударных позициях) имеет прикладное значение для обучения русскому языку, коррекции произношения и разработки орфоэпических норм. Это подтверждается в работах [8, 10–13]. Таким образом, данное исследование способствует углублению знаний о фонетической системе русского языка, улучшению методик преподавания и совершенствованию речевых технологий.

Пара: [б]–[б'] относится, по способу образования к смычным-взрывным, по месту образования к губным. Пара: [в]–[в'] относится, по способу образования к щелевым, по месту образования к губным. Пара: [г]–[г'] относится, по способу образования к смычным-взрывным, по месту образования к заднеязычным. Пара: [д]–[д'] относится, по способу образования к смычным-взрывным, по месту образования к переднеязычным-зубным. Пара: [з]–[з'] относится, по способу образования к щелевым, по месту образования к переднеязычным-зубным. Звук: [ж] относится, по способу образования к щелевым, по месту образования к переднеязычным-передненёбным.

Также были выявлены возможные позиции звонких согласных в слове. Звонкие согласные могут стоять в позиции: конец слова перед звонким, внутри слова перед звонким, внутри слова перед гласными, сонантами, [в] и [в'].

В сочетания двойных согласных обе фонемы являются либо твердыми, либо мягкими, т.е. сочетание [д]–[д], [б]–[б] возможны, а сочетания [д]–[д'], [б]–[б'] невозможны [2].

В статье [3] описывается реализация глухих и звонких взрывных согласных в устной речи русскоязычных монолингвов России – дети и взрослые, с измерением ВНО и сравнением с данными о билингвах. Автор анализирует ошибки в речи монолингвов, которые чаще возникают у взрослых из-за беглости, влияние пауз, ударения и контекста на ВНО, подчёркивая, что у монолингвов отклонения минимальны по сравнению с билингвами, и предлагает применения для преподавания фонетики.

В статье [4] описывается реализация глухих и звонких смычных взрывных согласных в русской речи детей-билингвов в Германии, с фокусом на ВНО и межъязыковую интерференцию. Автор проводит эксперимент с чтением текста, анализирует отклонения от норм русского и немецкого, делает заключение о формировании "промежуточной системы" ВНО, в частности для звонких согласных, и отсутствии врожденности звонкости, с выводами о зависимости от возраста и использования языка.

В статье [5] описывается анализ фонетических особенностей глухости и звонкости смычных взрывных согласных в русской речи русскоязычных детей-билингвов (от 9 до 16 лет), проживающих в Германии, с использованием параметра ВНО. Автор проводит эксперимент с чтением текста, сравнивает ВНО с нормами русского и немецкого языков, выявляет межъязыковую интерференцию и заключает, что дети формируют "промежуточную систему" ВНО, особенно для звонких согласных, с зависимостью от возраста.

В статье [6] описываются акустические параметры произношения русских согласных – ВНО для глухости/звонкости и и-образный переход для мягкости, как критерии оценки монолингвальной и билингвальной речи двух поколений, для детей и родителей в России и Германии. Авторы сравнивают данные билингвов и монолингвов, отмечают больше ошибок у билингвов, в частности у детей из-за интерференции, и предлагают выводы о влиянии возраста, пауз и родительского инпута, с рекомендациями для обучения произношению.

В статье [7] описывается произношение смычных согласных в условиях немецко-русского языкового контакта, с анализом ВНО в речи трёх групп: русско-немецких билингвов с уроками русского, без уроков и немецких монолингвов, изучающих русский как иностранный. Авторы выявляют негативный трансфер из немецкого, "гибридные" значения ВНО у билингвов и влияние уроков на разделение категорий, подчёркивая неоднородность реализации звонкости и практические аспекты для преподавания в гетерогенных группах.

Статья [8] исследует ассимиляцию звонкого [д] в осетинском языке. Используется инструментальный анализ в Praat для сочетаний. Выявлено оглушение [д] в конечной позиции после сонорных. Результаты важны для орфоэпического словаря осетинского.

Статья [9] анализирует акустические формантные характеристики русских фрикативных согласных. Сравнивает с произношением иранских студентов, изучающих русский. Использует программу Praat для измерения формантов и шума. Выявляет влияние персидского языка на артикуляцию.

Статья [10] анализирует акустические факторы русских щелевых согласных. Сравнивает с произношением иранских студентов, изучающих русский. Использует программу Praat для выявления интерференции персидского. Результаты показывают ошибки от различий консонантных систем.

Статья [11] анализирует фонетические трудности произношения. У иностранных студентов из Индии, Нигерии. Предлагаются упражнения для коррекции ошибок. Разработаны методики устранения интерференции.

Статья [12] исследует интерференцию в произношении японцами. Сравнивает русские и японские щелевые согласные. Используется метод фонетической сетки для анализа. Выявлены различия в артикуляции аффрикат.

Статья [13] исследует консонантизм четырёх языков. Сравнивает латинский, русский, английский, немецкий. Используется таблица родственных слов. Выявлены закономерности для обучения фонетике.

Был выполнен обзор материалов о группе шумных парных звонких согласных, их параметрах, сочетаниях, произношении. Были проанализированы параметры: время начала озвончения, формантные частоты, артикуляционные характеристики и их сочетаемость в различных фонетических контекстах. Были рассмотрены параметры времени начала озвончения и формантных частот. В дальнейшем будет

проводиться создание параметрического описания группы шумных парных звонких согласных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Google академия // [Электронный ресурс]: Сайт URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения 02.10.2025).

2. Буланин Л.Л. Фонетика современного русского языка. – Москва: Высшая школа, 1970. – 207 с.

3. Вихрова А.Ю., Лыпкань Т.В. Время начала озвончения взрывных смычных согласных в устной речи монолингвов в России // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2023. Том 16. Выпуск 9. С 2741-2751.

4. Лыпкань Т.В. Реализация глухих и звонких смычных взрывных согласных в русской речи детей-билингвов в Германии // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2018. № 6(84). Ч. 1. С. 104-111.

5. Лыпкань Т.В. Фонетические особенности глухости и звонкости смычных взрывных согласных в русской речи детей-билингвов в германии // Динамика языковых и культурных процессов в современной России. 2018. № 6. С. 365-371.

6. Вихрова А.Ю., Лыпкань Т.В. Некоторые акустические параметры произнесения русских согласных как критерий оценки монолингвальной/билингвальной речи двух поколений // Тестология. 2024. № 6 (18). С. 67-80.

7. Краузе М., Дитмерс Т. Произношение смычных согласных в условиях немецко-русского языкового контакта // Социо- и психолингвистические исследования. 2017. № 5. С. 39-51.

8. Дзахова В.Т. Ассимиляция звонкого смычного д в конечной позиции (на материале осетинского языка) // Научный диалог. 2025. Том 14. № 5. С. 88-104.

9. Валипур А., Джамалзад М. Анализ акустических параметров русских щелевых согласных в сравнении с произношением иранских учащихся // Исследовательский журнал русского языка и литературы. 2021. Том 9. № 2 (18). С. 11-25.

10. Валипур А., Джамалзад М. Экспериментальное исследование акустических факторов произношения русских щелевых согласных в иранской аудитории // Вестник Московского университета. Серия 19. Лингвистика и межкультурная коммуникация. 2021. № 3. С. 65-76.

11. Рубцова Е.В., Девдариани Н.В. Устранение фонетических трудностей в произношении при обучении русскому языку как иностранному // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2025. Том 10. № 2 (35). С. 244-246.

12. Черепко В.В., Ахнина К.В. Особенности произношения русских переднеязычных щелевых и аффрикат японскими студентами // Теория языка и межкультурная коммуникация. 2020. № 2 (37). С. 307-318.

13. Гух Ж.К., Власкина Е.В. Установление закономерностей в области консонантизма латинского, русского, английского и немецкого языков как способ развития полиязыковой личности будущего учителя иностранных языков // Человек. Культура. Образование. 2025. № 1 (55). С. 144-162.

УДК 004.37

Мухаметшин А.Р.

Научный руководитель: Коломыцева Е.П., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

КАК ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ НАШУ ЖИЗНЬ: ОТ УЧЁБЫ ДО РАБОТЫ

Информационные технологии давно перестали быть просто «гаджетами» или «программами» — они стали средой, в которой мы учимся, общаемся, работаем и даже отдыхаем. Сегодня студент может слушать лекцию МГУ из сибирской деревни, а инженер участвовать в совещании с коллегами из трёх стран, сидя в кафе. Однако вместе с удобством приходят и новые вызовы: зависимость от алгоритмов, поверхностное усвоение знаний, сложности с подтверждением компетенций на рынке труда. Эта статья попытка честно взглянуть на то, как цифровизация меняет нашу жизнь «изнутри».

Информационные технологии в обучении

Современное образование больше не привязано к аудиториям и расписаниям. Онлайн-платформы от Coursera и Stepik до Skillbox и Яндекс. Обучающие курсы — позволяют освоить профессию без поступления в вуз. Это особенно важно для жителей регионов, людей с ограниченными возможностями или тех, кто совмещает учёбу с работой. Однако здесь есть нюанс: формальный диплом всё ещё остаётся «пропуском» на многие рынки труда. По данным 2025 года,

около 62% работодателей в России по-прежнему требуют подтверждённого высшего образования, особенно в таких сферах, как финансы, госуправление или педагогика

В IT и креативных индустриях шансы выше — но даже там без портфолио, стажировок или открытых проектов трудоустроиться сложно.

Гибридное и полностью дистанционное обучение стало нормой даже в классических университетах. Например, ВШЭ, МФТИ и другие ведущие вузы России активно развивают онлайн-программы, позволяя студентам из любой точки страны получать качественное образование без переезда

Это не просто лекции по Zoom — это полноценные учебные программы с лабораторными работами, поддержкой менторов и защитой финальных проектов.

Особое место в учебном процессе занял искусственный интеллект, в первую очередь чат-боты вроде ChatGPT. С одной стороны, он помогает формулировать идеи, объяснять сложные темы и даже проверять код.

С другой возникает риск замены мышления копированием: студенты всё чаще сдают «готовые» ответы, не вникая в суть. Исследования показывают, что чрезмерное доверие к ИИ может снижать академическую успеваемость и подрывать развитие критического мышления. Вместо будущих специалистов мы рискуем вырастить поколение, умеющее «запросить», но не умеющее «понять».

Информационные технологии в повседневной жизни

Цифровизация повседневности — это двойной меч. С одной стороны, смартфоны, умные дома, навигаторы и онлайн-сервисы экономят время, упрощают быт и расширяют доступ к информации. С другой растёт цифровая усталость, снижается внимание, а личное общение заменяется перепиской. Особенно остро это ощущается у молодёжи: постоянный поток уведомлений, сравнение себя с «идеальными» жизнями в соцсетях, страх пропустить что-то важное, всё это ведёт к тревожности и выгоранию. Технологии сами по себе нейтральны; всё зависит от того, как мы их используем.

Информационные технологии в работе

Рабочее пространство сегодня — это не офис, а облако. Сервисы вроде Google Workspace, Microsoft Teams, Notion или Figma позволяют командам эффективно сотрудничать в реальном времени, независимо от географии. Это стало основой для удалённой и гибкой занятости, особенно востребованной в IT, маркетинге и дизайне.

Цифровая трансформация затронула и внутренние процессы компаний: от автоматизации отчётности до управления задачами через Jira или Trello. Это повышает прозрачность, сокращает бюрократию и ускоряет принятие решений.

Однако вместе с возможностями приходят и новые требования. Цифровая грамотность — это умение безопасно работать с данными, критически оценивать источники, защищать приватность. Она становится такой же базовой компетенцией, как грамотность письменная. А с развитием ИИ возникает вопрос: какие профессии останутся востребованными? Эксперты сходятся во мнении: на первый план выходят soft skills — креативность, эмпатия, способность решать нестандартные задачи. Машины могут обрабатывать данные, но только человек может задать правильный вопрос.

Информационные технологии не просто «меняют» нашу жизнь, они переопределяют её основы. Обучение становится доступнее, но требует самодисциплины. Работа — гибче, но менее предсказуема. Повседневность — удобнее, но менее «живая». Главный вызов XXI века, не в том, чтобы освоить новые инструменты, а в том, чтобы сохранить человеческое в эпоху алгоритмов. Технологии — это зеркало: они усиливают то, что в нас уже есть. Поэтому будущее принадлежит не тем, кто лучше всех пользуется ИИ, а тем, кто умеет оставаться собой — мыслящим, ответственным, живым.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исакова Е.В., Левченко А.С. Цифровые технологии в строительстве: BIM, IoT, Big Data. — М.: Инфра-Инженерия, 2021. — 298 с.
2. Кочнев А.П., Смирнов В.А. Интеллектуальные системы управления зданиями (BMS). — СПб.: Лань, 2020. — 352 с.
3. Гартвич А.В. Цифровой двойник здания: от концепции к практике. // Цифровая трансформация строительства. – 2023. – № 1(15). – С. 24–35.
4. Стативко Р. У., Коломыцева Е. П. Разработка алгоритмов определения необходимости использования типовых моделей датчиков // Современные научные проблемы и их решение: анализ и перспективы — 2021. — № 4. — С. 178–185

*Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Науменко В.В., Исса Ю.М., Алешкин К.К.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова*

РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМА СМЕШИВАНИЯ РОТОРНОГО СМЕСИТЕЛЯ И МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЕГО ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Одним из перспективных направлений повышения эффективности процесса смесеобразования является создание смешивающего механизма, обеспечивающего рациональное взаимодействие всех элементов системы протекающего процесса.

С целью интенсификации процесса смесеобразования и повышения качества приготовляемой смеси авторы предлагают смешивающий механизм в виде ротора (см. рис. 1), конструкция которого предусматривает в нижней части установку двухзаходной шнековой насадки 1, в средней лопастей по прерывистой двухзаходной винтовой линии 2, в верхней части установку отбойных лопаток 3 под углом 750 к оси вращения ротора и с углом атаки, обратным углу навивки нижних устройств.

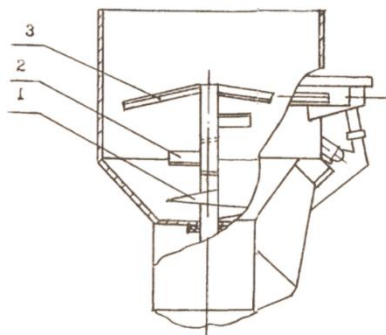


Рис. 1 Смешивающий механизм роторного смесителя.
1 – шнековая насадка; 2 - лопасти; 3 – отбойные лопатки.

Назначение каждого элемента смешивающего механизма заключается в следующем:

- шнековая насадка организует восходящий поток смешиваемой массы;

- лопастной механизм подхватывает и разрывает восходящий поток, тем самым увеличивая площадь контакта отдельных участков смеси;

- отбойные лопасти за счет "обратного" угла атаки лопастей направляют смесь навстречу восходящему потоку, что способствует взаимопроникновению микроучастков смеси.

Бетонорастворосмеситель с предлагаемым нами смешивающим механизмом работает следующим образом. Исходные компоненты смеси при вращающемся роторе загружаются через верхнее отверстие и увлекаются вверх шнековой насадкой. Затем смешиваемая масса подхватывается прерывистой лентой лопастей, которые с целью оптимального использования рабочей поверхности установлены под углом атаки 45° , что позволяет равномерно проталкивать смесь в радиальном и осевом направлениях. Далее смешиваемая масса контактирует с отбойными лопастями, которые направляют ее обратно в восходящий поток, что способствует дополнительному перемешиванию. Смесь под действием гравитационных сил и за счет угла наклона отбойных лопастей отбрасывается вниз к конусной части корпуса смесителя, где вновь увлекается шнековой насадкой вверх, возобновляя цикл. Предполагается, что использование предлагаемого смешивающего механизма позволит сократить время перемешивания, тем самым снизить удельные энергозатраты и повысить часовую производительность бетонорастворосмесителя, а также улучшить качество приготавливаемой смеси.

Бетонорастворосмесители широко применяются при производстве различных строительных материалов, основой которых являются подвижные мелкозернистые смеси. Обоснованность широкого применения бетонорастворосмесителей заключается в малогабаритности агрегата и универсальности протекающих в нем процессов: смесеобразования и попутного диспергирования. Комбинированное воздействие рабочего органа на компоненты смеси обеспечивается специфической механикой взаимодействия всех элементов системы.

Процесс диспергирования происходит за счет многочисленных соударений частиц смеси между собой и с рабочими поверхностями смесителя.

Процесс смесеобразования в данном случае протекает при взаимодействии компонентов смеси с оптимально подобранными элементами смешивающего устройства.

Геометрические и кинематические параметры подобных бетонорастворосмесителей определяются по эмпирическим зависимостям. Авторы предлагают определить некоторые зависимости рабочих параметров с учетом конструктивных особенностей смешивающего механизма.

Для определения скорости восходящего потока, воспользуемся формулой

$$V = k_3 H \omega \cos k_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где k_3 - коэффициент, учитывающий заходность винтовой линии шнековой насадки;

H - шаг винтовой линии;

ω - угловая скорость ротора; β - угол подъема винтовой линии;

$k_{\text{пр}}$ - коэффициент проскальзывания смеси.

Шаг винтовой линии определяется по формуле

$$H = 2\pi R t g \beta, \quad (2)$$

где R - радиус окружности, описываемой крайней точкой лопастей.

Мощность, потребляемая двигателем бетонорастворосмесителя, в основном затрачивается на преодоление сопротивлений вращению шнековой насадки, лопастей и отбойных лопаток.

Гидродинамическое сопротивление среды движущемуся в ней телу определяется по формуле Ньютона-Кармана

$$P = \frac{c}{2} \cdot \frac{\gamma_{\text{уд}}}{g} F v^2, \quad (3)$$

где P - гидродинамическое сопротивление;

c - коэффициент сопротивления;

$\gamma_{\text{уд}}$ - удельный вес;

g - ускорение силы тяжести;

F - площадь проекции тела на плоскость, перпендикулярную направлению вращения;

v - скорость движения потока.

Мощность, потребляемая для вращения ротора N , будет являться суммой мощностей, потребных для вращения шнековой насадки N_1 , лопастей N_2 , отбойных лопаток N_3 :

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} \quad (4)$$

Мощность, потребляемую для вращения шнековой насадки N_1 , можно определить как

$$N_1 = \frac{M_{\tau} n}{9550} \quad (5)$$

где M_T - момент трения шнековой насадки о смесь;

n - частота вращения ротора.

Мощность, потребляемую для вращения лопастей, определим по формуле

$$N_2 = z_2 \frac{y_{дсY}}{8g} \omega^3 b_2 \sin \alpha_2 (R_2^4 - r_2^4), \quad (6)$$

где z_2, α_2, b_2 , соответственно количество, угол атаки и ширина лопастей, а R_2, r_2 – радиусы, описываемые наружной и внутренней кромками лопастей.

Мощность, потребляемую для вращения отбойных лопаток, определим аналогично:

$$N_3 = z_3 \frac{y_{дсY}}{8g} \omega b_3^3 \sin \alpha_3 (R_3^4 - r_3^4), \quad (7)$$

где z_3 - количество отбойных лопаток;

b_3 - ширина отбойных лопаток;

α_3 угол атаки отбойных лопаток;

R_3, r_3 - радиусы, описываемые наружной и внутренней кромками отбойных лопаток.

Таким образом, предложенная здесь методика расчета мощности и скорости восходящего потока позволяет производить более Полный анализ влияния параметров рабочих органов бетонорастворосмесителей на эффективность машины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Несмеянов Н.П., Горшков П.С. Сравнительная оценка технологических схем заводов небольшой мощности по производству ССС // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» – Белгород БГТУ 2009. – С. 169.

2. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. – М.: «Машиностроение», 1973. - 216с.

3. Шубин И.Н. Сыпучие материалы и их свойства: Учеб. пособие / И.Н. Шубин, М.М. Свиридов, В.П. Таров. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005, - 76 с.

4. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Матусов М.Г., Манаков А.В., Богачев Е.П. Степень смешивания – показатель качества

приготавливаемых строительных смесей // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» – Белгород: Изд-во БГТУ. Вып. XXI. – 2022. – С. 282–286.

5. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Смирнов Д.В., Оноприенко Ю.С., Камбур А.С. Анализ режимов работы смесителей для производства сухих строительных смесей // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» – Белгород: Изд-во БГТУ. Вып. XX. – 2021. – С. 143–146.

УДК 666.94.431

Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Науменко В.В., Исса Ю.М., Индиченко А.В., Верьянко И.Ю.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова*

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ СМЕСИ

Цементно-песчаная (бетонная) черепица изготавливается из цемента, песка и воды с добавками или без них, с красителями или без них по соответствующим техническим условиям. Например, цементно-песчаная плоская штампованная черепица по ТУ 10 РСФСР 289-87 имеет обозначение ЧЦП ПЛЩ, а пазовая - ЧЦП ПЩ и т.д. Черепицу можно изготавливать различной конфигурации: плоской, пазовой, коньковой, волнистой, прямоугольной, цилиндрической, полуцилиндрической, одинарной, двойной и т. п.; различных размеров, с отверстиями и замками для крепления.

Производство цементно-песчаной (бетонной) черепицы похоже на производство бетонных или железобетонных изделий. Это означает, что в технологическую линию входит бетоносмесительный узел, который как показывает практика, поддается высокой степени автоматизации; камера термовлажностной обработки, которая менее энергоемкая по сравнению с камерой обжига, а также позволяет использовать в качестве топлива отработанный пар с других производств. Также следует отметить, что при производстве цементно-песчаной черепицы брак значительно меньше, чем при производстве керамической черепицы. Это связано с тем, что при производстве бетонной черепицы

используется термическая обработка с низкими температурами (порядка 80-95 °С). Эстетические и декоративные качества цементно-песчаной черепицы можно также повысить за счет использования красителей различных цветов, наносимых как на поверхность, так и в тело черепицы, а также за счет глазури, пигментов и других декоробразующих веществ.

Технологические линии по производству бетонной черепицы состоят из четырех основных рабочих отделений: отделение по приготовлению цементно-песчаной смеси; отделение формования черепицы; отделение тепловлажностной обработки; отделение распалубки и подготовки (чистки и смазки) поддонов.

Отделение по приготовлению цементно-песчаной смеси состоит из бункеров для сырьевых материалов: песка, цемента, красителя, воды. Все бункеры оснащены датчиками верхнего и нижнего уровня материала, а также сводообрушителями (бункеры сыпучих материалов), бункер для песка вибрационным сводообрушителем, а бункер для цемента и красителя пневматическим. Загрузка бункера для песка осуществляется с помощью мостового крана, оснащенного грейферным рабочим органом. Загрузка бункеров для цемента и красителя осуществляется пневмотранспортом, а для воды насосом

Для дозирования песка применяются ленточные весовые дозаторы непрерывного действия марки 4273 ДН третьего исполнения. Для дозирования красителя применяется тот же дозатор ДН-10/1. Для дозирования цемента применяется дозатор непрерывного действия 4273 ДН второго исполнения. Вода дозируется с помощью трубного дозатора непрерывного действия марки ДВК-40. Добавки дозируются с помощью весового дозатора циклического действия ДОП6-12ЦЧ. В отличие от песка, который из бункера дозируется на ленточный конвейер и транспортируется им в смеситель, цемент, краситель и вода попадают в смеситель самотеком по течкам и патрубкам.

Приготовленная смесь с ленточного конвейера через загрузочную воронку попадает в расходный бункер формовочной установки. Формовочная установка является одним из наиболее важных элементов в цепи оборудования по производству бетонной черепицы, отвечающая за качество и производительность всего производства в целом. На формовочной установке производится формовка черепицы на специальных профильных поддонах, которые подаются с одной стороны установки; уплотнение смеси осуществляется прокаткой её между поддоном и формовочным валком. Поддоны с отформованной смесью укладываются на тележки в 4 ряда по 15 штук в каждом ряду.

Полностью заполненные тележки транспортируются в отделение термовлажностной обработки. Так как отделение термовлажностной обработки расположено параллельно и несоосно потоку формования, что значительно сокращает площадь цеха, то необходимо использовать поворотные платформы для разворотов тележек с поддонами в необходимом направлении.

Отделение термовлажностной обработки состоит из туннельной камеры ТВО, в которой черепица набирает необходимую прочность. Камера ТВО рассчитана таким образом, чтобы при заданной производительности и режиме пропаривания черепица, находящаяся в камере, могла проходить все этапы термовлажностной обработки. Условием прохождения черепицы всего цикла термообработки, является непрерывность работы камеры ТВО и разбиение её на три отделения: подогрев, пропаривание, остывание.

Таким образом, загрузка и разгрузка тележек в камеру ТВО происходит одновременно (заталкивая одну тележку в камеру - она толкает весь ряд и на противоположной стороне из камеры выталкивается тележка с черепицей, прошедшей весь цикл термовлажностной обработки). После выхода из камеры ТВО тележка освобождается от поддонов с черепицей и транспортируется в формовочное отделение, где вновь загружается поддонами с отформованной смесью. Поддоны с готовой черепицей передаются в отделение распалубки и подготовки поддонов.

Отделение распалубки и подготовки поддонов состоит из двух постов пост распалубки (отделение черепицы от поддонов) и пост подготовки (очистки, смазки) поддонов. На посту распалубки с помощью распалубочной установки черепица отделяется от поддонов, после чего готовая черепица подается на ленточный конвейер для транспортировки её на склад, а поддон передается на пост подготовки поддонов. На посту подготовки поддонов с помощью установки для очистки и смазки поддонов происходит очистка поддонов от налипаний цемента и их смазка хлоритом натрия для легкого отделения черепицы от поддона. После обработки поддон передается в формовочное отделение, где он вновь попадает на формовочную установку.

Готовая продукция складывается на цеховой складской площадке на специальных подставках, имеющих профиль черепицы. На каждой подставке укладывается 4 ряда черепицы высотой не более 25 штук (высота ряда обуславливается условием нераздавливаемости нижней черепицы). Между подставками с черепицей оставляется зазор для грузозахватных устройств. Для обслуживания цехового склада готовой

продукции имеется мостовой кран. После выдержки черепицы до окончательного набора прочности ее сортируют, упаковывают и укладывают на поддоны, направляют на склад, откуда отгружают потребителю.

На рис. 1. приведена разработанная схема цепей оборудования.

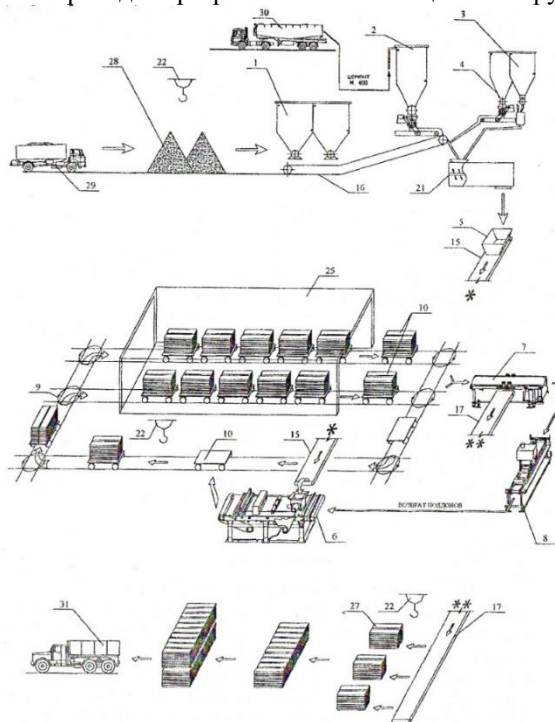


Рис. 1. Схема цепей оборудования технологической линии по производству бетонной черепицы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борщевский А.А., Ильин А.С. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий. Москва "Высшая школа" 1987.
2. Ильин А.С., Лукьянов Н.А. Современное производство цементно-песчаной черепицы. Москва "Машмир" 1991.

3. Бауман В.А., Клушанцев Б.В. Механическое оборудование предприятий строительных материалов изделий и конструкций. Москва "Высшая школа" 1987.

4. Несмеянов Н.П. Состояние вопроса приготовления строительных смесей в настоящее время / Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Матусов М.Г., Оноприенко Ю.С., Котышев А.В // Межвуз. сб. ст. «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» под ред. В.С. Богданова. Белгород, 2022. - Вып. XXI. С.286-289

5. Гуденко О.В., Камбур А.С., Науменко В.В., Оноприенко Ю.С., Исса Ю.М., Несмеянов Н.П. Пути совершенствования технологических комплексов для производства сухих строительных смесей // XVI Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство» [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. Ч. 8.

УДК 666.97.031+666.97.051

Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Науменко В.В., Исса Ю.М., Коробка В.О.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова*

РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО ЧИСЛА ОБОРОТОВ СМЕСИТЕЛЬНОГО БАРАБАНА РАСТВОРОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ

При вращении смесительного барабана частицы смеси за счет сил трения и центробежных сил поднимаются по круговым траекториям на некоторую высоту, а затем, отрываясь от стенки барабана, под действием сил тяжести падают по параболической траектории, снова возвращаясь на круговые траектории (рис. 1).

При увеличении скорости вращения барабана за счет роста центробежной силы увеличивается высота падения материала Н. При этом частицы смеси, проходя больший путь, при своем падении многократно встречаются с частицами других объемов и, следовательно, интенсивнее с ними перемешиваются. Падая на массу смеси, находящуюся ней части барабана, с большей высоты частицы имеют большую кинетическую энергию, за счет которой они глубже проникают в эту массу, что также интенсифицирует процесс перемешивания.

При значительном увеличении скорости вращения смесительного барабана частицы смеси под действием возрастающей при этом центробежной силы будут прижиматься к стенкам барабана и вращаться вместе с ним. Перемешивание в этом случае будет отсутствовать.

Следовательно, должна существовать такая скорость, при которой отрыв частиц смеси будет происходить на максимальной высоте, обеспечивающей наиболее длительный путь прохождения их по параболической траектории. Естественно, что эта скорость должна быть меньше критической, при которой материал будет вращаться вместе с барабаном без отрыва от его стенок. Значения критической и наивыгоднейшей скоростей могут быть определены из условия равновесия действующих на частицу смеси сил при её взаимодействии со смесительным органом. К этим отнести силам следует (рис. 1) силу тяжести G , центробежную силу инерции P_u и силы сцепления между частицей смеси и поверхностями барабана и лопасти.

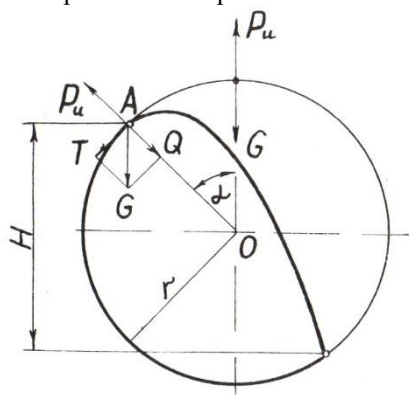


Рис 1. Схема к определению скорости вращения барабана гравитационного бетоносмесителя.

Критическая скорость, при которой частица отрывается от внутренней поверхности барабана по всей окружности, будет достигнута в том случае, если центробежная сила станет больше или равна противоположной ей по направлению составляющей силы тяжести. Максимальное значение этой составляющей будет при угле $\alpha=0$, т. е.

$$Q_{\max} = G. \quad (1)$$

Сказанное можно записать так:

$$P_u R \gg G. \quad (2)$$

Известно, что

$$P_u = \frac{mV^2}{r} \text{ н; } G = mg \text{ н,} \quad (3)$$

где m-масса частицы смеси, кг;

V- окружная скорость движения частицы, которая может быть записана в таком виде: $V = 2\pi r n$ м/с;

r - расстояние от оси вращения барабана до центра тяжести частицы, м;

n - число оборотов барабана, об/сек;

g - ускорение силы тяжести, м/сек.²;

R - коэффициент, учитывающий связь частицы рабочим органом за счет сил сцепления ($R < 1$);

Запишем выражение (2) в следующем виде:

$$R \frac{4m\pi^2 r^2 n^2}{r} \gg mg \quad (4)$$

Из этого неравенства выразим n:

$$n = \sqrt{\frac{g}{4\pi^2 r R}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{r R}} = \frac{0,5}{\sqrt{r R}} \text{ об/с} \quad (5)$$

Это выражение и определяет значение числа критического оборотов барабана смесителя.

На основании аналитического расчета движения тела по параболической и круговой траекториям нами получено оптимальное значение угла отрыва, $\alpha = 54^\circ 10'$, определяющее максимально возможную высоту падения частицы.

Отрыв частиц, находящихся в точке А, называемой точкой отрыва, от поверхностей барабана и лопасти и переход их на параболическую траекторию возможен при условии, если силы, стремящиеся оторвать частицу от поверхности, будут больше сил, прижимающих ее к ней. Так как частица в данном случае будет стремиться оторваться от поверхностей барабана и лопасти, то силы трения при этом будут отсутствовать, а силы сцепления будут противодействовать отрыву частицы.

Сказанное можно записать в виде следующего неравенства:

$$Q > P_u R, \quad (6)$$

учитывая, что $Q = G \cos \alpha = mg \cos \alpha$, и подставляя значение P_u , запишем неравенство (6) в следующем виде:

$$mg \cos \alpha > \frac{4m\pi^2 r^2 n^2}{r} R \quad (7)$$

Выразим отсюда n:

$$n < \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{4\pi^2 r R}} < \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\cos \alpha}{r R}} \text{ об/с} \quad (8)$$

Учитывая, что $\alpha=54^{\circ}10'$, можно записать:

$$n = \frac{0,5 \cdot 0,758}{\sqrt{r R}} = \frac{0,38}{\sqrt{r R}} \quad (9)$$

Используя это выражение, можно определить наивыгоднейшее число оборотов для любого смесителя со свободным перемешиванием материала в зависимости от размера его барабана и реологических свойств смеси.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Королев К.М. Интенсификация приготовления бетонный смеси.- М.: Стройиздат, 1976, - с. 145.
2. Мартынов В.Д. Выбор рабочих режимов и оптимальных параметров рабочих органов растворосмесителей. – Строительные и дорожные машины, 1962, №1, - с.29-31
3. Шарапов И.К. Исследование лопастных бетоносмесителей непрерывного действия: Автореф.дис.канд.техн.наук. – М.,1962, - 21 с.
4. Разварин Е.А. Исследования режимов работы высокоскоростных смесителей и определение их рациональных параметров: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Л., 1969, - С.19.
5. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Бражник А.А., Каторин И.С., Скворцов Д.С. Анализ взаимодействия рабочих органов смесителей с различной перерабатываемой средой // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» – Белгород: Изд-во БГТУ. Вып. XIX. – 2020. – С. 156–155.
6. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Матусов М.Г., Оноприенко Ю.С., Котышев А.В. Состояние вопроса приготовления строительных смесей в настоящее время // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» – Белгород: Изд-во БГТУ. Вып. XXI. – 2022. – С. 286–288.
7. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Чемеричко Г.И., Оноприенко Ю.С., Камбур А.С., Влияние скоростных параметров лопастных смесителей на качество строительных смесей // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и

оборудование для производства строительных материалов» – Белгород: Изд-во БГТУ. Вып. XXIII. – 2024. – С. 182-185.

УДК 666.97.031

Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Науменко В.В., Исса Ю.М., Хохлов Д.О.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

ОБОСНОВАНИЕ КОМПОНОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ И КОНСТРУКЦИЙ СМЕСИТЕЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Основным материалом для изготовления сухих строительных смесей являются минеральные вяжущие, фракционированные заполнители определенного качества, тонко измельченные минеральные наполнители, химические и полимерные добавки и др. Сухие строительные смеси находят все большее применение в строительстве для монтажных и отделочных работ, для санирования и ремонта зданий, благодаря ряду преимуществ по сравнению с применением товарных растворов и бетонных смесей. Использование товарных растворов централизованного приготовления для выполнения кладочных и штукатурных работ имеет ряд недостатков:

повышенный расход цемента или другого вяжущего на 10...15%;
отсутствие возможности порционной подачи растворов потребителю;
разрыв технологического процесса производства работ по времени из-за вынужденных простоев бригад рабочих в результате сбоев графиков поставки растворов или бетонных смесей на строительные объекты;

ухудшение технологических свойств товарных смесей ввиду отсутствия полной гарантии их нерасслаиваемости в процессе транспортирования и трудностей, связанных с необходимостью изготовления многокомпонентных составов [1].

Кроме того, становится неэффективной эксплуатация крупных заводов по производству товарных бетонных и растворов смесей вследствие повышения транспортных расходов из-за большого радиуса обслуживания. Транспортировка и применение товарных растворов и бетонных смесей часто связаны с загрязнениями дорог, строительных площадок, а также с их потерями, которые достигают 12... 15%.

Бетоносмесительные заводы и узлы (установки) в основном сосредоточены в достаточно больших промышленных городах, ввиду

чего малые города и населенные пункты лишены возможности пользоваться услугами этих предприятий.

Поэтому возникла необходимость нахождения альтернативы товарным бетонным и растворным смесям. Этой альтернативой является производство сухих строительных смесей различного назначения.

В зарубежном строительстве сухие строительные смеси прочно утвердились и области их применения постоянно расширяются. Выпуск их в странах Европы в настоящее время покрывает потребность более чем на 120%.

Комплекс ВСЕЛУГ по производству сухих строительных смесей представляет собой смесительную башню. В верхней части башни размещаются силосы сырьевых компонентов, под силосами технологическое оборудование для дозирования, смешения и упаковки [2].

Портландцемент, гидратная известь поступают на завод в автоцистернах или железнодорожных цистернах и загружаются в силосы пневматически. Песок доставляется на завод самосвалами, он проходит линию сушки и подаётся элеватором ВСЕЛУГ КЭ300/40 на виброклассификатор ВСЕЛУГ КАСКАД 10551. Далее песок рассеивается на 2 фракции (0,1-0,15 и 0,15-0,3) и поступает в силоса. Все силоса снабжены датчиками верхнего и нижнего уровня ВС341, аварийными шиберными затворами ВСЕЛУГ Ш400*400Р и напорными рукавными фильтрами ВСЕЛУГ ФН16В с виброрегенерацией. Использование напорных фильтров даёт возможность возврата уловленной пыли обратно в процесс.

Два силоса снабжены пневмооборудованием для аэрации ВСЕЛУГ КПА. Из 4-х силосов компоненты подаются конвейерами винтовыми ВСЕЛУГ KB273/1,0/90/5,5/0/0,6 на двое бункерных весов ВСЕЛУГ В1500С/01 объемом $V=1,5\text{м}^3$ последовательно один за другим в каждые весы. Цикл дозирования каждого компонента включает три стадии: подача с высокой скоростью, подача с низкой скоростью, пауза для успокоения и проверки фактической массы. Конвейеры винтовые оснащены частотными преобразователями, которые позволяют варьировать соотношение скоростей в широком диапазоне.

Для прерывания подачи продукта на весы в конце цикла дозирования, используют дисковые затворы Д250П, с пневмоприводами.

Бункерные весы, также как и все тракты подачи компонентов, выполняют в полностью закрытом исполнении. Для очистки воздуха,

вытесняемого при заполнении бункерных весов, используется автономный напорный рукавный фильтр ВСЕЛУГ ФН0,5. Для исключения аварийного переполнения весов они снабжены датчиками верхнего уровня ВС341. Из бункерных весов компоненты поступают в смеситель.

Перемешивание материалов является одной из основных операций при производстве строительных материалов и изделий, так как от нее в значительной мере зависит качество выпускаемой продукции.

Смешивание должно обеспечивать однородность массы по количеству составляющих материалов, гранулометрическому составу и влажности. Главнейшее влияние на качество перемешивания оказывает способ приготовления массы, тип смесительной машины и режим ее работы.

Смесители по интенсивности классифицируют с помощью безразмерного критерия Фруда. Критерий Фруда характеризует соотношение центробежной силы и силы тяжести, действующих на частицы продукта в процессе перемешивания и позволяет сравнивать между собой смесители различных типов и конструкций. На рис. 1 показаны три различных режима смешения в лопастном смесителе с горизонтальным валом [3].

При $Fr \ll 1$ (рис. 1(а)) перемешиваемые компоненты лежат на дне, а лопасти выталкивают частицы на поверхность. При этом продукт поднимается в направлении вращения и образует некоторый угол откоса. При сухом смешении такой режим используют, когда требуется исключить механическое разрушение «нежных» продуктов. Для него характерны значительные затраты времени на смешение и наличие мертвой зоны зазора между лопастями и днищем, где перемешивание не происходит.

В интервале $1 < Fr < 3$ (рис. 1(б)) частицы выбрасываются в свободное пространство, продукт находится во взвешенном состоянии. Такой режим характеризуется низкими энергозатратами и хорошими значениями времени смешения.

При $3 < Fr < 9$ (рис. 1(в)) образуется более или менее плотное кольцо продукта у стенок корпуса. Затраты времени на смешение при этом наименьшие, такой режим смешения называют центрифужным, но смешение практически не происходит и его не используют при изготовлении сухих строительных смесей.

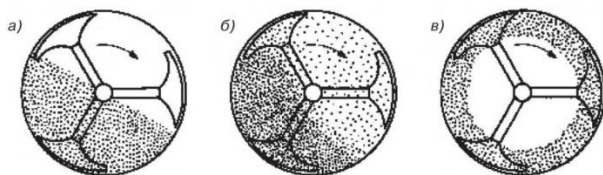


Рис. 1. Схемы смешения сухих смесей

При производстве сухих строительных смесей обычно применяется одностадийное смешение, статус общепризнанного стандарта в производстве СССР принадлежит одновальным горизонтальным смесителям. Их главные особенности это простота конструкции, высокая интенсивность, отсутствие мертвых зон и возможность разгрузки без остатков.

Для перемешивания компонентов использован одновальный смеситель с объемом готового замеса $V=1.2\text{м}^3$, периодического действия, обеспечивающий 3-х мерное перемещение компонентов. Это достигается расположением и формой лопастей. В зависимости от состава смеси один цикл смешения с загрузкой и выгрузкой может занимать от 2,5 до 5,0 минут.

Разгрузка материала осуществляется, через разгрузочный люк, расположенный в днище смесителя, закрепленный на петлях и приводимый в движение пневмоцилиндром, через который готовая смесь выгружается в бункер и поступает на упаковку в мешки. Разгрузка смеси должна осуществляться при вращающемся роторе.

Для отбора проб имеются встроенный пробоотборник, предназначенный для контроля качества смеси. Для загрузки компонентов предусмотрены патрубки, и один для присоединения системы аспирации или отдушины.

Для монтажа, удобства чистки, осмотра и визуального контроля при смене рецептуры предназначены смотровые люки с откидными крышками, закрываемые клиновидными запорами.

Смеситель работает следующим образом: исходные компоненты загружаются внутрь корпуса, ротор с восьмью лопатками, вращаясь с постоянной скоростью, увлекает и «подбрасывает» перемешиваемые материалы, обеспечивая перемещение частиц в радиальном и осевом направлениях [4,5].

В данной схеме завода применена подача малых добавок через воронку добавок ВСЕЛУГ Торнадо/Пр/В40. Бункер воронки добавок ВСЕЛУГ Торнадо/Пр/В40 снабжен пневмомолотком ВСЕЛУГ ПМ1, для исключения зависания в нем продукта, и дисковым затвором Д200П

с пневмоприводом. Для очистки воздуха, вытесняемого при заполнении смесителя, используется автономный напорный фильтр ВСЕЛУГ ФН1 площадью 1м². Далее смесь поступает в бункер фасовочной машины, оборудованный автономным напорным фильтром ВСЕЛУГ ФН1 площадью 1м² и подаётся в две одномодульные фасовочные машины ВСЕЛУГ Аэропресс 1П.

Наполненные мешки сбрасываются на приёмный ленточный конвейер ВСЕЛУГ КЛП650П, подаются на конвейер для мешков ВСЕЛУГ КЛ650/9.0/Я и далее на мешкопогрузчик для укладки на поддоны ВСЕЛУГ Консоль П1.

Затем мешки грузят на поддоны и перевозят на склад, и далее направляют к потребителю.

Для обеспыливания воздуха фасовочных машин ВСЕЛУГ Аэропресс 1П предусмотрена установка двух рукавных фильтров с импульсной продувкой ВСЕЛУГ Ф20И.

Вопрос о выборе количества силосов в комплексе был рассмотрен с новой точки зрения. Значительное уменьшение объема и количества силосов, по сравнению с БСЗ И РСУ, за счет изменения принципа хранения компонентов для приготовления ССС, привело к тому, что комплекс стал занимать гораздо меньше места, получился более компактным, затраты на его содержание уменьшились. Количество человек, работающих на производстве, также может быть сокращено.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей.- М.: Изд-во АСВ, 2003.-127 с.

2. Козлов В.В. Сухие строительные смеси.- М.: Изд-во АСВ, 2000. - 136 с. 3. Безбородов В.А., Белан В.И., Мешков П.Н. и др. Сухие смеси в современном строительстве. Новосибирск: Изд-во НГС-АУ, 1998. - 141 с.

3. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Чемеричко Г.И., Оноприенко Ю.С., Камбур А.С. Влияние скоростных параметров лопастных смесителей на качество строительных смесей

4. Исса Ю.М., Науменко В.В., Калашник И.А., Верьянко И.Ю., Дятлов Н.И. Анализ смесителей для производства сухих строительных смесей

5. Исса Ю.М., Науменко В.В., Калашник И.А., Алешкин К.К., Токмаков А.С. Совершенствование заводов для производства сухих строительных смесей

*Несмеянов Н.П., Калашиник И.А., Сухоруков И.Н., Али А.М., Юсиф А.М.,
Хохлов Д.О.*

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНУТРИМЕЛЬНИЧНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ МАТЕРИАЛОВ В БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦАХ

При мокром измельчении сырья в барабанных мельницах, оснащенных лифтерами, полезная мощность частично расходуется на вязкое трение при проходе шаров через пульпу. Существующие конструкции внутримельничных устройств приводят к уменьшению полезного объема мельницы. Однако, как показал Разумов, объем шлама в барабане мельницы существенно влияет на ее производительность, а потребляемая полезная мощность зависит от объема шлама, находящегося в барабане мельницы [4,5].

Анализ условий потребления шаровой загрузкой полезной мощности позволяет сделать вывод о необходимости поддерживать в барабане мельницы определенный объем шлама. Этот объем практически равен объему, насыщающему зону размла шаровой загрузки. В первом приближении можно считать, что он равен объему шлама, вовлекаемому во вращательное движение шаровой загрузкой. При этом получаем максимальное потребление полезной энергии.

Из предыдущих исследований знаем, что, если в мельнице с центральной разгрузкой уровень шлама снизить до уровня шлама в мельнице с решеткой, производительность ее при применении в I стадии измельчения возрастет на 14-24% при повышении потребляемой мощности на 19-37%. Низкий уровень шлама в мельнице с решеткой сохраняется благодаря наличию лифтерного отделения, непроизводительно занимающего 10-12% объема мельницы. Если сохранить обычный в этой мельнице уровень шлама с помощью другого разгрузочного устройства, этот объем можно использовать под собственно измельчение, увеличив пропорционально потребляемую мощность [1].

В целом, в мельницах конструктивно должна быть обеспечена возможность поддержания рационального уровня шлама. Объем шлама – фактор, определяющий автоматизацию процесса измельчения [2]. Поддерживать заданный низкий уровень шлама при определенных

условиях можно только в мельницах с решеткой. Однако в период эксплуатации «живое» сечение решетки изменяется (износ, забивка отверстий и др.) и уровень шлама в барабане также не сохраняется постоянным, поэтому необходимо поднять из шлама «подстилающий» слой шаров.

Исходя из того, что рациональное заполнение мельницы шламом должно соответствовать максимальной полезной мощности шаровой загрузки, в новой конструкции мельницы обеспечивается высокая энергоемкость шаровой загрузки при использовании полного объема барабана.

Схема предлагаемой модернизации мельницы предполагает расположить на определенном расстоянии над футеровкой лопасти в виде антикрыла, которые позволяют поднять из шлама подстилающий слой шаров [3].

Определим наиболее эффективный диаметр расположения лопаток. Положение нижней кромки лопатки должно исключить заклинивание шаров между лопаткой и корпусом мельницы. При вращении мельницы шары не должны падать в объем шлама, частично поглощающий их энергию, а должны соударяться при минимальной, покрывающей все шары, прослойке шлама.

Из визуального наблюдения за процессом, анализа фотографий и кадров видеосъемки следует, что при обычных частотах вращения мельницы шары падают не на поверхность футеровки, а на подстилающий слой шаров, который образуется в связи с их отскоком, в направлении противоположном направлению вращения. Высота расположения лопатки не должна обнажать подстилающий слой, так как шлам в этом случае не будет покрывать шары данного слоя.

Толщину подстилающего слоя можно оценить по фотографиям вращающейся мельницы с прозрачным торцом. Определяющей точкой может служить точка резкого изменения направления движения крайних падающих шаров. Эта точка свидетельствует о том, что шар, встретившись с препятствием (подстилающим слоем), прекратил падение и отскочил в сторону, противоположную вращению мельницы, либо начал вращаться вместе с мельницей.

Анализ фотоснимков показывает, что высота подстилающего слоя при обычных режимах работы в среднем составляет $(0,1-0,2)D$ мельницы. Высота расположения лопатки, таким образом, должна находиться в пределах $(0,2-0,3)D$. Рациональной длиной мельницы для 1 стадии измельчения в соответствии с приведенным выше анализом следует считать длину $L \leq D$. Такая мельница пригодна как для

шарового, так и для галечного измельчения и может рассматриваться как унифицированная конструкция для всех стадий измельчения взамен существующих мельниц с решеткой и с центральной разгрузкой.

Применение внутри барабана мельницы энергообменных футеровочных элементов (ЭФЭ) способствует росту энергии удара шаров без уменьшения объема мельницы, что приводит к увеличению производительности мельницы на 10-12%. Кроме того, при этом наблюдается снижение удельного расхода энергии на 4-10%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шинкоренко С.Ф. "Технология измельчения руд черных металлов". М. "Недра", 1982.
2. Утеуш Э.В., Утеуш З.В. "Основы автоматизации измельчения материалов в шаровых мельницах". М. Химия, 1968.
3. Зеленков С.Ф., Струков В.Г. "Энергосберегающие внутримельничные устройства". Полтава, 1996.
4. Несмеянов Н.П., Белоус А.С., Денисова Е.М., Королева Л.А., Несмеянов М.Н. Интенсификация энергетического воздействия мелющих тел в цементных мельницах // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» - Белгород: Изд-во БГТУ, Вып. XXI. – 2022. – С. 262-266.
5. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Матусов М.Г., Картыгин А.В., Белоус А.С. Влияние параметров бронифутеровки с переменным коэффициентом сцепления на кинетику и эффективность процесса измельчения // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» - Белгород: Изд-во БГТУ, Вып. XX. – 2021. – С. 133-138.

*Несмеянов Н.П., Калашиник И.А., Сухоруков И.Н., Исса Ю.М., Алешкин К.К.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова*

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ БРОНЕФУТЕРОВКИ ЦЕМЕНТНЫХ МЕЛЬНИЦ

Корпуса (барабаны) цементных мельниц изнутри покрываются футеровкой, состоящей из отдельных бронеплит, первородной функцией которых является защита корпуса от износа. Барабаны делятся по длине перегородками, позволяющими разделить мелющие тела по крупности в различных стадиях процесса. В конце мельницы устанавливается разгрузочная решетка, отделяющая цемент от мелющих тел последней камеры.

Износ футерующих поверхностей уменьшают до практически приемлемой величины (минимальный срок службы бронеплит обычно составляет календарный год) либо путем придания им специфической формы, либо применением износостойких материалов (взамен традиционно применяемой марганцовистой стали Г13Л) - резин, эластомеров и т.д. Особый интерес представляет двухслойная броневая плита, рабочая часть которой изготавливается из специального износостойкого материала, а нерабочая (со стороны корпуса) - из материала более дешевого и более пластичного. Сложность в данном случае представляет соединение слоев, которое должно работать в сложных условиях ударных нагрузок.

В настоящее время существуют футеровки, выдерживающие срок эксплуатации до 5 лет и более, что существенно улучшает эксплуатационные качества мельниц.

Другой функцией футеровки шаровых мельниц, не менее важной, чем сопротивление износу, является передача энергии привода шароматериальной загрузке. Футеровка также определяет характер движения мелющих тел в широком диапазоне, что непосредственно связано с эффективностью работы мельницы. Все зависит от характера рабочей поверхности футеровки. Если рабочую поверхность сделать зеркально гладкой, то мельница практически не будет измельчать материал вследствие ничтожно малого трения между загрузкой и броней. Для определения подхода к конструированию футеровок, следует рассмотреть элементы рабочего процесса в мельнице.

Материал, находящийся во вращающемся барабане мельницы, подвергается воздействию свободно падающих мелющих тел (шаров или цилиндров). При вращении барабана мелющие тела поднимаются на определенную высоту (вследствие трения между ними и футеровкой), а затем, отрываясь от стенки барабана, при обобщном падении измельчают материал. Материал в мельнице измельчается ударом и частично истиранием благодаря перекачиванию шаров и их скольжению.

При относительно малой угловой скорости вращения барабана шары и материал делают поворот в сторону вращения на некоторый угол и начинают циркулировать по контуру загрузки в поперечном сечении, измельчая материал раздавливанием и истиранием (каскадный режим).

С увеличением скорости вращения барабана загрузка поднимается (поворачивается) на больший угол, и внешние слои шаров при достижении определенного угла отрыва, покинув круговые траектории, движутся как тела, брошенные под углом к горизонту, и переходят на параболические траектории. Измельчение материала в этом режиме работы происходит за счёт удара и частично истирания (водопадный режим).

Существует такое значение скорости вращения барабана, при котором загрузка перестает отрываться от брони и вращается вместе с барабаном в виде однородного кольцевого слоя. Такой режим движения загрузки называется критическим (а соответственно и скорость вращения).

В первых камерах трубных мельниц должен иметь место водопадный режим, обеспечивающий эффективное дробление крупных частиц материала, а во-вторых (последних) камерах - каскадный, производящий измельчение частиц малых размеров в основном при помощи сдвиговых усилий.

Вполне очевидно, что в барабане, вращающемся с определенной скоростью, разные режимы движения загрузки можно обеспечить только при помощи футеровки, имеющей различные коэффициенты сцепления с загрузкой.

В первых камерах устанавливают бронеплиты с высоким коэффициентом сцепления: ступенчатые, волнистые, конусные, каблучковые, т.н. «балочные» и т.д. Вторые камеры футеруются бронеплитами с менее развитой поверхностью: гладкими бронеплитами с планками в первой части камеры, гребенчатыми и др. Изучению и развитию конструкций футеровок уделяется большое внимание, причем

имеется в виду также и способ монтажа (укладки) бронеплит в мельнице, что оказывает существенное влияние на их эксплуатационные свойства.

Кроме создания определенного режима движения шароматериальной загрузки в мельнице, рабочая поверхность бронеплит может создать в мельнице сортировку мелющих тел по размерам вдоль барабана (т.н. классификацию). Четкая классификация мелющих тел (включая цельпелес в последних камерах) создают при помощи конусной, волнистой (с наклоненными волнами) или футеровки с изменяющимся коэффициентом сцепления по длине. Несмотря на то, что классифицирующие футеровки широко применяются в промышленности, уровень изучения их действия сравнительно низок, что не позволяет обоснованно выбирать необходимый профиль рабочей поверхности.

Независимо от вида перечисленных типов бронеплит, в поперечном сечении футеровка представляет собой окружность. Эта специфика обуславливает следующие общие недостатки:

- воздействие футеровки лишь на граничные слои загрузки, и передача энергии привода внутренним слоям только через посредство трения в самой загрузке;

- наличие циркуляции загрузки в поперечном сечении, создающей слабые истирающие воздействия, которые падают до минимума в центре циркуляции;

- отсутствие интенсивного перемешивания всей массы загрузки; относительно медленное перемешивание материала с мелющими телами в начале процесса измельчения;

- интенсивный износ развитой поверхности бронеплит (каблучковой, гребенчатой), и уменьшение, в связи с этим сцепления загрузки с броней.

Эти недостатки традиционно применяемых типов футеровок привели к поиску альтернативных решений и получению обнадёживающих результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев С.Е. О внутреннем трении в шаровой мельнице // Горный журнал. 1961. - № 2 - С. 62-68.
2. Дэвис Э.В. Тонкое измельчение в шаровых мельницах // Теория и практика дробления и тонкого измельчения. – Л: 1932. – С. 121-130.

3. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Белоус А.С., Денисова Е.М., Белоус Ю.Е. Футеровка – важнейший конструктивный элемент цементных мельниц // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» – Белгород: Изд-во БГТУ. Вып. XXI. – 2022. – С. 266-269.

4. Несмеянов Н.П., Белоус А.С., Денисова Е.М., Королева Л.А., Несмеянов М.Н. Интенсификация энергетического воздействия мелющих тел в цементных мельницах // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» – Белгород: Изд-во БГТУ. Вып. XXI. – 2022. – С. 262-266.

5. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Матусов М.Г., Картыгин А.В., Белоус А.С. Влияние параметров бронефутеровки с переменным коэффициентом сцепления на кинетику и эффективность процесса измельчения // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» – Белгород: Изд-во БГТУ. Вып. XX. – 2021. – С. 133-138.

УДК 621.926.47

Несмеянов Н.П., Смирнов Д.В., Атласюк В.А., Чернолихов И.А., Хохлов Д.О.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ДЕЗИНТЕГРАТОРОВ

На основе проведённого анализа оборудования для помола строительных материалов, делаем вывод, что каждая машина предназначена для выполнения определённых задач и, ввиду своих достоинств и недостатков, не может быть использована одинаково эффективно в любой технологической линии [1, 2, 3].

Также отметим, что существует необходимость разработки новых и усовершенствования существующих машин для помола, в которых обеспечивается механический разгон частиц за счёт высокоскоростного воздействия на измельчаемый материал. Такими машинами являются дезинтеграторы (рис. 1) [4].

Дезинтеграторы, как и рассмотренное выше оборудование, относятся к машинам для получения порошковых продуктов.

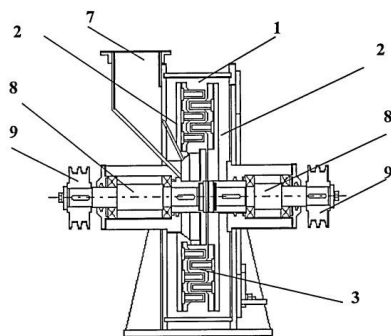


Рис. 1. Дезинтегратор:

- 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – бункер загрузочный; 4 – ударные элементы;
5 – вал; 6 – шкив

Отличительной особенностью дезинтеграторов является то, что измельчение материала осуществляется за счет быстровращающихся роторов 2 горизонтального или вертикального расположения и установленных на них ударных элементов 4. Наиболее распространенным видом ударных элементов являются элементы в виде стержней или пальцев. Они располагаются несколькими рядами по определенным радиусам, так что ряд ударных элементов одного ротора располагается между двумя смежными рядами другого ротора. Ударные элементы располагаются так, чтобы создавать сложную траекторию прохождения материала при вращении роторов. За счет этого измельчаемый материал неоднократно сталкивается с быстродвижущимися ударными элементами, разрушается и сталкивается с другими частицами, разрушаясь и истираясь. Такой процесс позволяет достичь высокой степени измельчения и удельной поверхности готового продукта [5].

На Российском рынке лидирующие позиции по производству дезинтеграторов занимает завод «Техприбор». На рис. 2 представлен дезинтегратор, конструкция которого разработана на данном заводе.

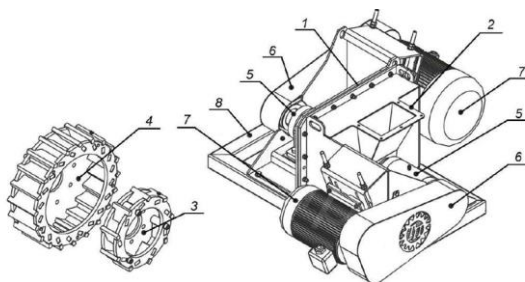


Рис. 2. Дезинтегратор «ГОРИЗОНТ-380Z»:

- 1 – корпус; 2 – бункер загрузочный; 3 – ротор-импеллер малый;
- 4 – ротор-импеллер большой;
- 5 – вал; 6 – клиноременная передача; 7 – электродвигатель; 8 – рама

Рассматриваемый дезинтегратор модели «ГОРИЗОНТ-380Z» предназначен для мелкого дробления и помола различных материалов твердостью до 5 единиц по шкале Мооса с производительностью до 5 м³/ч и потребляемой мощностью, равной 29,5 кВт. Дезинтегратор оснащён двумя быстровращающимися роторами- импеллерами 3, 4 с горизонтальным расположением приводных валов 5. Роторы дезинтегратора приводятся во вращение индивидуальными электродвигателями 7, что позволяет получать высокие скорости соударения частиц измельчаемых материалов при относительно низкой частоте вращения каждого из роторов- импеллеров 3, 4 [6].

Порошки, полученные на данном дезинтеграторе характеризуются узким зерновым составом, осколочной формой частиц, высокой реологической активностью.

Принцип действия рассматриваемого дезинтегратора следующий. Сырьё, подлежащее измельчению, посредством питателя, равномерным потоком подается в бункер загрузочный 2, откуда оно поступает в центральную часть малого ротора-импеллера 3. Лопасти малого ротора-импеллера 3 сообщают ускорение частицам измельчаемого материала и выбрасывают их в направлении большого ротора-импеллера 4. Разрушение частиц происходит при их столкновении с лопастями большого ротора-импеллера 4. Осколки частиц измельчаемого материала выбрасываются в пространство камеры помола и покидают ее через разгрузочное окно корпуса 1 [6, 7].

Следствием высокого уровня энергетического воздействия, оказываемого на измельчаемое сырьё роторами-импеллерами 3, 4 дезинтегратора, является значительный износ их деталей (3,3·10⁻⁴ кг/кг)

и достаточно частая их замена, что является основным недостатком всех дезинтеграторов [8].

В некоторых типах дезинтеграторов предусмотрена возможность полной замены роторов с ударными элементами после их выработки. По этой причине важно оптимизировать траектории движения частиц материала в камере помола для обеспечения равномерного износа ударных элементов [9].

На международном рынке наиболее активно дезинтеграторы выпускают такие фирмы и корпорации, как Hosokawa Micron Powder Systems (США), British Rema Process Equipment Ltd (Великобритания), STMMicron (США), NETZSCH (Германия), Prater Industries (США).

Стоит выделить дезинтеграторы с плоскими ударными элементами (рис. 3), выпускаемые компанией Hosokawa Micron Powder Systems.

Плоские ударные элементы дезинтегратора выполнены в виде пластин сложного профиля и имеют разную длину рабочей части. Они закрепляются на быстровращающемся диске и фиксируются по внешнему контуру ободом, что обеспечивает совмещение процесса помола и классификации материала.

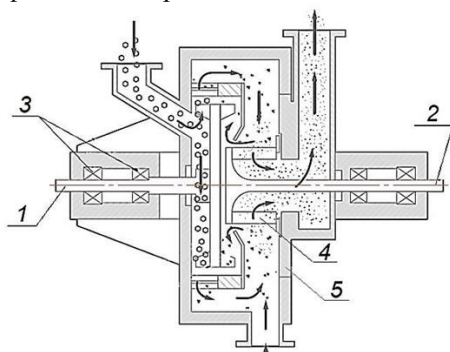


Рис. 3. Схема дезинтегратора с плоскими ударными элементами компании Hosokawa Micron Powder Systems (США):

- 1 – привод подвижного диска; 2 – привод классификатора;
- 3 – подшипниковая опора подвижного диска; 4 – классификатор;
- 5 – корпус

В процессе помола материала создается замкнутый контур с внутренней классификацией воздуха. Сам процесс измельчения материала проводится в три этапа: на первом этапе происходит измельчение материала ударными элементами быстровращающегося диска. При этом диск с ударными элементами за счет воздушного

потока направляет частицы на классификацию. На втором этапе происходит классификация измельченных частиц по крупности. Частицы крупного размера направляются обратно в камеру помола, где происходит третий этап – доизмельчение материала. Частицы, прошедшие через классификатор, направляются в фильтры на очистку.

Используя описанную схему помола, возможно получать частицы узкого гранулометрического состава с размером готового продукта до 5 мкм.

При анализе существующих конструкций дезинтеграторов выявлены основные направления их развития: снижение износа ударных элементов; возможность совмещения процесса помола и классификации; оптимизация траекторий движения частиц измельчаемого материала, времени нахождения измельчаемого материала в камере помола и количества соударений.

Производительность дезинтеграторов ограничивается геометрическими параметрами внутреннего ряда ударных элементов. Увеличение производительности сопровождается увеличением габаритных размеров дезинтегратора, что затрудняет балансировку роторов при их неравномерном износе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев Е. Е. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению / Е. Е. Андреев, О. Н. Тихонов // Санкт-Петербургский горный институт. – СПб. 2007. – 439 с.
2. Борщёв В. Я. Справочник. Оборудование для измельчения материалов. – Тамбов.: Изд-во ТГТУ, 2004.-75с.
3. Борщев В. Я. Оборудование для переработки сыпучих материалов: учебное пособие / В.Я Борщев, Ю.И. Гусев, М.А. Промтов, А.С. Тимонин. – М.: Изд-во «Машиностроение – 1», 2006. – 208 с.
4. Богданов В. С. Дезинтеграторы / В. С. Богданов, И. А. Семикопенко, В. П. Воронов – Монография. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. – 250 с.
5. Богданов В. С. Дезинтеграторы. (Конструкция. Теория. Эксперимент): монография / В.С. Богданов, И.А. Семикопенко, В.П. Воронов. – 2-е изд., испр. и доп. – Белгород: БГТУ, 2016. – 187с.
6. Завод «Техприбор» [Сайт]. URL: <http://www.tpribor.ru>. (Дата обращения: 06.11.2025).
7. Липилин А. Б. Противоточные импеллеры «РЕСУРС – 450» или новая конструкция корзин быстроходных дезинтеграторов / А.Б.

Липилин, М.В. Векслер, Н.В. Коренюгина // Строительные материалы, технологии и оборудование XXI века. М., 2009. – №10. – С. 29 – 30.

8. Лапшин В.Б., Колобова В.В., Боброва Н.В. Соотношение между износом ударных элементов в дезинтеграторе и степенью измельчения абразивного материала в нем / В. Б. Лапшин, В. В. Колобова, Н. В. Боброва // Сборник научных трудов ИГСХА «Проблемы и перспективы развития сельскохозяйственной науки и АПК в современных условиях». Иваново, 2004. – С. 189 –190.

9. Богородский А. В. Разработка конструкций и методов расчёта интенсивных измельчителей дезинтеграторного типа: дис. канд. техн. наук. – Иваново: ИХТИ, 1982. – 171 с.

УДК 621.926.5

Несмеянов Н.П., Сухоруков И.Н., Калашник И.А., Юсиф А.М., Али А.М.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАБОТЫ ТРУБНЫХ ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ

Согласно авторскому свидетельству [1]. распыляемые капли интенсификатора помола (ИП) надо подавать на определенные участки в первую камеру цементной мельницы.

Поэтому, учитывая скорость аспирационного воздуха, диаметр распыливаемых капель должен превышать границу разделения для заданных условий работы цементной мельницы. Иначе капли ИП будут уноситься аспирационным воздухом к межкамерной перегородке и эффективность применения ИП будет незначительной. В связи с этим необходимо определить границу разделения. В условиях работы трубной цементной аспирационной мельницы, в которой распыливается ИП, имеется горизонтально-поточная гравитационная зона распределения капель ИП [2, с.218]. Для этой схемы граница разделения δ равна

$$\delta = \frac{3}{4} K_{\phi} \frac{\rho_0}{\rho_m} \frac{CV^2}{g} \left(\frac{h}{l}\right)^2, \text{ м.} \quad (1)$$

где K_{ϕ} – коэффициент формы капель для эллиптических – 1,5; ρ_0 и ρ_m – соответственно плотность воздуха и капель, кг/м³ ; C – коэффициент аэродинамического сопротивления; V – горизонтальная скорость воздушного потока, м/с; g – ускорение силы тяжести, м/с²; h и l – соответственно высота и длина зоны разделения, м.

Величина коэффициента зависит от числа Re . Так для $1000 < Re < 200\,000$, $C \approx 0,48$

Определим фактическое число Re для условий работы аспираторной цементной мельницы размером 3×14 м равно $Re = \frac{vd}{\nu}$.

Если скорость аспирационного воздуха $V = 0.7$ м/с, эквивалентный диаметр свободного пространства мельницы, по которому проходит аспирационный воздух, $d = 1,2$ м, кинематическая вязкость воздуха, нагретого до $60...80^\circ\text{C}$, $\nu = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, то

$$Re = \frac{0,7 \cdot 1,2}{2 \cdot 10^{-5}} = 42000. \quad (2)$$

Поэтому $C = 0,48$.

Границу разделения δ определяем по формуле (1) для разных участков по длине мельницы l : 2; 2,5; 3; 4 и 6 м. Высота $h = 1$ м. Результаты расчетов для $\rho_0 = 1,22 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_m = 1000 \text{ кг/м}^3$ приведены ниже (табл. 1).

Таблица 1

$l, \text{ м}$	2	2,5	3	4	6
$\delta, \text{ мм}$	0,8	0,5	0,34	0,2	0,86

Согласно [1], оптимальным участком ввода ИП является зона $2,5...4$ м, т.е. размер капель ИП должен быть крупнее $0,2$ мм. Чем грубее распыл, тем больше вероятность того, что капли ИП будут двигаться по законам баллистики и сопротивление воздуха будет оказывать все меньшее влияние на их траектории. Поэтому режим распыла и его вид должны обеспечить узкий, желательно монодисперсный распыл при постоянном расходе ИП и воздуха и регулируемом l .

Этому условию отвечает работа пневмо-форсунки с минимальным давлением сжатого воздуха и регулируемым углом наклона воздушной струи. Анализируя выражение (1), видим, что при прочих равных условиях $(\frac{h}{l})^2 = \text{const}$, откуда $l^2 = \frac{h^2}{\text{const}}$, т.е. увеличение l возможно за счет h . Для этого надо учитывать расположение уровня вытекания ИП и направление вращения мельницы, а главное увеличивать h за счет изменения угла наклона воздушного потока при прежнем его давлении.

Использование изменения угла наклона для изменения длины распыла ИП объясняется следующим. Согласно законам баллистики, тело, брошенное с начальной скоростью V_0 под углом α к горизонтали, пролетает расстояние $l = V_0 \cos \alpha \cdot t$.

При $\alpha = 0$ время движения t равно $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, где h – высота падения тела.

Соответственно

$$l = V_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (3)$$

$$\text{При } \alpha = 0, t = \frac{2V_0}{g} \sin \alpha \text{ и } l = \frac{2V_0^2}{g} \sin \alpha * \cos \alpha$$

Анализ последнего выражения показывает, что l достигает максимума при $\alpha = 45^\circ$, сопротивление воздуха пренебрегается. Изменяя значение α от 0 до 45° , можно существенно регулировать длину распыла l . Большой диапазон регулировки позволяет подавать ИП практически в любую требуемую точку по длине 1-й камеры трубной мельницы при постоянном минимальном расходе распылителя (без нарушения аспирационного режима).

Увеличение угла наклона α свыше 45° не изменяет значение длины распыла l (изменяется только высота подъема струи), она остается постоянной при углах $45^\circ + \alpha$ и $45^\circ - \alpha$.

В нашем случае целесообразно брать угол от 0 до 45° , поскольку при этом меньше сопротивление защитной заслонки потоку распылителя; кроме того, ниже и высота подъема струи, что имеет существенное значение при распыле в барабанах трубных мельниц, особенно небольших диаметров.

Так как факел распыла полидисперсный и имеет значительное число капель, размер которых близок к границе разделения, то на траекторию движения капель значительное влияние оказывает сопротивление воздуха, и оптимальный фактический угол наклона струи составляет $25...35^\circ$.

Согласно разработанной методике, был изготовлен стенд и пневмошелевая форсунка для распыла 12,5% водного раствора интенсификатора помола ЛТСМ-1 в первую камеру трубных цементных мельниц. Стенд состоит из передвижного компрессора СО-7Б, развивающего давление до 0,6 МПа, сосуда с водным раствором 12,5%-ного интенсификатора помола ЛТСМ-1 и пневматической целевой форсунки, состоящей из резиновых каналов для подачи ЛТСМ-1 и канала воздуха. С целью постоянства расхода ЛТСМ-1 независимо от его опускающего уровня, использовали трубку Мариотта, для чего сосуд с ЛТСМ-1 разгерметизировали. В этом случае расход зависит только от разницы в высоте конца трубки Мариотта и уровня истечения ЛТСМ-1. Указанная высота была отградуирована на

две расхода ЛТСМ-I: 3 л/мин для мельниц 3,2х15 м и 4 л/мин для мельниц 4х13,5 м, что соответствует норме распыла 12,5% ЛСТМ-I. Давление воздуха можно регулировать, изменяя сечение воздушного резинового канала с помощью струбины.

Результаты проведенных опытов даны в табл. 2, где l и H соответственно наибольшие длина и высота распыла.

Таблица 2

Расход ИП, л/мин	Давление воздуха, МПа	Угол наклона потока воздуха, град				
		0		30		40
		l, м	l, м	H, м	l, м	H, м
3	0,2	2,7	3,5	1,2	3,5	1,7
	0,25	3	3,8	0,8	3,5	1,2
	0,3	3,5	4,2	1,4	4,2	2
4	0,2	1,8	4,2	0,8	4	1,2
	0,25	1,8	4	0,6	4	1,2

Центр факела распыла находится в среднем на 1 м ближе максимальной длины распыла l.

С ростом давления и увеличением угла наклона потока воздуха (до 30...36°) длина распыла увеличивается, а дальность полета капель уменьшается. Очевидно, при тонкодисперсном распыле капли летят не по закону баллистики, на их траектория начинает оказывать заметное влияние сопротивление воздуха.

Так как по условиям работы длина распыла должна быть от 2,5 до 4 м, а высота не более 1 м, то оптимальным режимом для расхода 3 и 4 л/мин является давление сжатого воздуха 0,21...0,28 МПа и угол наклона воздушного потока 25...35°. На основе всего рассмотренного выше, можно дать следующие рекомендации.

С целью подачи ИП на определенный участок первой камеры [1], где находится максимальное количество наиболее трудноразмалываемой фракции 0.5...1 мм, распылительная пневмофорсунка должна устанавливаться в конце загрузочного патрубка с учетом направления вращения мельницы, т.е. в первом квадрате – при вращении по часовой стрелке и во втором – против часовой стрелки, так чтобы форсунка располагалась на максимальном удалении от контура движения мелющей загрузки.

Для того, чтобы распыливаемые капли не уносились аспирационным воздухом к межкамерной перегородке и с целью более полного контакта поверхности частиц клинкера наиболее прочной

фракции, размер капель распыла ИП должен превышать границу разделения (см. табл. 1) и равняться 0,5...1 мм.

С целью получения вышеуказанного размера капель распыла ИП струя вытекания должна иметь максимальную толщину.

С целью эффективного использования ИП факел распыла должен быть минимальным.

Выполнение перечисленных рекомендаций обеспечивает пневматическая распылительная форсунка с отдельным каналом подачи ИП и соплом с регулируемым углом наклона воздушной струи, что позволяет создать требуемую крупность капель распыла ИП при минимальном давлении сжатого воздуха в сопле. Защитную крышку целесообразно устанавливать сверху канала подачи. Давление воздуха 0.21...0,28 МПа, при угле наклона воздушного потока 25...35°, в зависимости от диаметра мельницы (с уменьшением диаметра угол уменьшается).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.С.607589 (СССР). Способ помола портландцементного клинкера и добавок / В.З.Пироцкий, А.Н.Иванов, А.А.Боровик, Н.С.Мануев. - Опул. в БИ. - 1978. - № 19.

2. Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. -М.: Высшая школа, 1971.

3. Крюков Д.К. Футеровки шаровых мельниц, М.: Машиностроение, 1965, 221 с.

4. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Матусов М.Г., Зайцев М.С., Скворцов Д.С. Особенности снижения энергозатрат при помоле цемента в барабанных шаровых мельницах // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» - Белгород: Изд-во БГТУ, Вып. XVIII. - 2019. - С. 252-254.

5. Несмеянов Н.П., Картыгин А.В., Денисова Е.М., Зайцев М.С., Каторгин И.С. Сравнительная оценка эффективности использования основных типов бронеплит // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» - Белгород: Изд-во БГТУ, Вып. XVIII. - 2019. - С. 266-268.

*Несмеянов Н.П., Сухоруков И.Н., Юсиф А.М., Исса Ю.М., Али А.М.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова*

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ЦЕМЕНТНЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Одним из самых легко реализуемых на практике способов повышения эффективности процесса измельчения материалов цементного производства является способ введения в мельницу различных интенсификаторов помола. Несмотря на широкую известность указанного способа и достаточно большой объем публикаций по этому научному направлению [1-3], данный технологический прием содержит в себе неиспользованные резервы и требует как более детального изучения аппаратурного оформления, так и глубокого анализа кинематики дробящей среды.

Целью настоящей работы явилось изучение кинематики движения мелющей среды для определения рационального способа ввода интенсификаторов помола в мельницу.

Характерной особенностью работы трубных шаровых мельниц является наличие застойных зон достаточно больших объемов. Полезный объем барабана мельницы используется на 25 - 35%, при этом застойные зоны составляют около 50% объема загрузки. Следовательно, объем мельницы используется только на 12-17%.

В ходе экспериментов на прозрачной модели мельницы нами установлено, что при водопадном режиме работы мелющих тел около 15% их находятся на параболических траекториях движения (рис. 1), измельчения материала ударами; около 5% мелющих тел скатываются по поверхности (cd); 40-50% мелющих тел перемещаются по круговым траекториям в зоне загрузки в плотном слое, не совершая при этом работы измельчения.

Наиболее эффективно процесс измельчения происходит на «пяте», т.е. в зоне (ba) падения мелющих тел. Измельчение материала происходит в зоне загрузки. Однако интенсивность движения мелющих тел в слоях и относительно футеровок в этой зоне незначительна. С увеличением интенсивности движения мелющих тел на круговой траектории (ad) значительно возрастает износ футеровок и мелющих тел, снижается угол подъема.

При каскадном режиме работы мелющих тел (рис. 2) в центральной части загрузки находится около 50-55% мелющих тел; на круговых траекториях - 35-40%; в зоне 3 - около 10-15%.

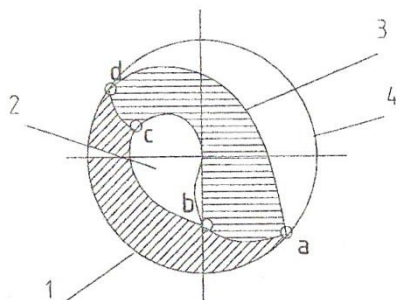


Рис. 1. Работа шаровой загрузки при водопадном режиме измельчения:
1 - зона загрузки; 2 - центральная часть загрузки; 3 — параболическая траектория движения; 4 — круговая траектория движения.

Следовательно, при подаче поверхностно (ПАВ) вместе с материалом низкая эффективность его действия объясняется тем, что большая часть интенсификатора помола находится в местах загрузки с невысокой интенсивностью движения, т.е. в зонах 12. Только 10-15% объема, используемого ПАВ, обеспечивает повышения процесса измельчения.

При подаче ПАВ распылением непосредственно в камеру мельницы большее его количество сразу же поступает в зону 3 - зону интенсивного движения загрузки. Впоследствии интенсификатор помола, перемещаясь вместе с загрузкой, более равномерно распределяется по объему мелющих тел. При этом начинают действовать такие механизмы снижения прочности, как хемосорбция, диспергирование и др.

Все это свидетельствует о том, что не изменяя количества ПАВ необходимо осуществлять его подачу в те зоны работы загрузки, где происходит наибольший обмен энергией между мелющими телами и измельчаемым материалом с последующим равномерным распределением ПАВ по объему измельчаемого материала.

С учетом вышесказанного нами проведены всесторонние исследования влияния различных способов подачи ПАВ на эффективность процесса измельчения.

На рис. 3 Представлены кривые кинетики процесса измельчения клинкера ЗАО "Белгородский цемент" (размер фракции -2,5; +0,63).

Клинкер измельчали в шаровой барабанной мельнице размером 0,3х0,3 м с гладкой футеровкой. Частота вращения барабана $n=0,8$ об/с. Загрузка состояла из равновесного набора мелющих тел диаметром 22-24; 16 и 10 мм. Коэффициент загрузки $\phi=0,3$. Масса материала составила 14% от массы мелющих тел. В качестве ПАВ использовали 10% водный раствор ЛСТМ - 1 в количестве 0,025 от массы измельчаемого материала.

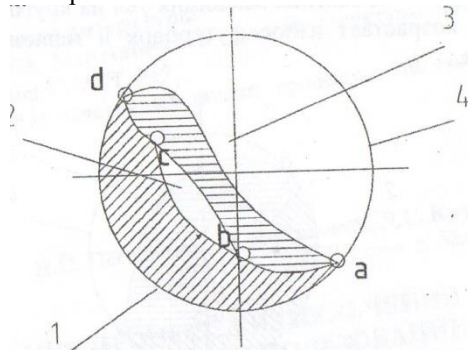


Рис.2. Работа шаровой загрузки при каскадном режиме измельчения:
1 - зона загрузки; 2 - центральная часть загрузки (зоны с невысокой интенсивностью движения); 3 - зона интенсивного движения загрузки;
4 - круговая траектория движения.

В ходе экспериментов установлено, что производительность мельницы ($R_{008}=10\%$) при помоле клинкера без ПАВ составила 8,38 кг/ч, удельный расход энергии 74,2 кВт ч/т. При подаче ПАВ в мельницу вместе с материалом производительность мельницы возросла до 8,88 кг/ч, а удельный расход энергии снизился на 4,16 кВт ч/т.

В том случае, если ПАВ вводится непосредственно в мельницу распылением, производительность ее возрастает на 1,15 кг/ч, т.е. составляет 9,89 кг/ч, а удельный расход энергии снижается до 63,94 кВт ч/т. Следовательно, подтверждаются наши предположения о том, что интенсификатор помола необходимо подавать в места наиболее интенсивного обмена энергией.

Во всех предыдущих случаях наблюдалось налипание измельчаемого материала на футеровку, иногда слой превышал 1 мм. В то же время известно, что слой материала толщиной около 1 мм снижает энергию удара шара на 50-75%.

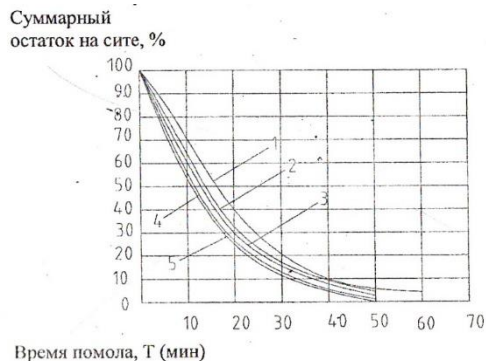


Рис. 3. Кинетика процесса измельчения при различных способах подачи ПАВ: 1 - без ПАВ; 2-5 - с добавкой ПАВ: 2 - по центру; 3 - в материал; 4 - в точку отрыва шаров; 5 - на "пята".

При подаче ПАВ на свободную поверхность футеровки производительность мельницы возрастает на 12,1% а удельный расход энергии снижается на 7,9%, причем частицы измельчаемого материала на внутреннюю поверхность барабана не налипали. Более того, повышение эффективности процесса измельчения в данном случае и обусловлено отсутствием налипания, что обеспечивает увеличение коэффициента трения между наружным слоем шаров и барабаном мельницы, увеличение угла подъема мелющих тел, а следовательно, увеличение их потенциальной энергии.

Подача ПАВ непосредственно на мелющие тела в зону de не только предотвращает налипание частиц измельчаемого материала на мелющие тела и футеровку, но и увеличивает эффект механизма расклинивающего действия, так как ПАВ, находящееся на поверхности мелющих тел, подается непосредственно в зону измельчения в момент ударов мелющих тел по материалу. Производительность мельницы возрастает до 12,98 кг/ч, а удельный расход энергии снижается до 47,91 кВт ч/т.

Наибольшая эффективность процесса измельчения достигается при подаче интенсификатора помола на "пята" - зону (ba) падение мелющих тел. В этой зоне происходит наиболее интенсивный процесс обмена энергией между шарами и измельчаемым материалом, высвобождается большая внутренняя энергия измельчаемого материала, частицы находятся при максимальных динамических нагрузках, происходят структурные преобразования. Именно в этой зоне загрузки в наибольшей мере проявляется разностороннее действие

ПАВ. Производительность мельницы достигает 14,38 кг/ч, а удельный расход энергии снижается до 43,2 кВт ч/т.

Согласно графикам (рис.3), при равной производительности мельницы тонкость помола материала значительно повышается, если интенсификатор помола подавать либо на рабочие органы, либо в зону падения мелющих тел. Так например, при производительности мельницы 4 кг/ч тонкость помола клинкера без ПАВ составила $R_{008} = 12\%$. с ПАВ в материал 7%, распылением 4%, на мелющие тела 2%, в зону падения мелющих тел - 0,2%.

Таким образом, наибольшая эффективность процесса измельчения материалов с использованием ПАВ достигается при их подаче либо на рабочие органы шаровых барабанных мельниц, либо в зону падения мелющих тел.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бутт Ю.М., Сычев М.И., Тимашев В.В. Химическая технология технология вяжущих материалов. - М.: Высшая школа, 1980, с 620.
2. Бутт Ю.М. Берткович Т.М. Вяжущие вещества с поверхностно-активными добавками. - М.: Промстройиздат, 1953.
3. Ребиндер П.А. и др. Понижение прочности поверхностного слоя твердых тел при адсорбции поверхностно - активных веществ. - ЖТХ, 1932, т. 2 No7,8
4. Рояк С. М., Пироцкий В. З., Мацуев Н. С. Интенсификация процессов тонкого измельчения клинкера с помощью ПАВ / Рояк С. М., Пироцкий В. З., Мацуев Н. С. // - Цемент, No5, с. 5-8, 1964 г.
5. Способ помола портландцементного клинкера и добавок / Пироцкий В. З., Иванов А. Н. // А. С. 607589, No19, 1978 г.
6. Ребиндер П. А. Понижение прочности поверхностного слоя твердых тел при адсорбции поверхностно - активных веществ / Несмеянов Н. П. // - ЖТФ, 1932, т. 2, No7,8.
7. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Королева Л.А., Белоус А.С., Денисова Е.М. Методы интенсификации процесса измельчения цементного клинкера и добавок// Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов Вып. XX. - 2021. - с. 122-126. Белгород: Изд-во БГТУ.
8. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Матусов М.Г., Денисова Е.М., Королева Л.А. Способы интенсификации работы трубных шаровых мельниц // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие

технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов - Белгород: Изд-во БГТУ. Вып. XIX. - 2020 - с. 167-172.

9. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Матусов М.Г., Манаков А.В., Богачев Е.П. Степень смешивания – показатель качестваготавливаемых строительных смесей //Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» Вып. XXI. - 2022. - с. 277-282 Белгород: Изд-во БГТУ.

10. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Королева Л.А., Белоус А.С., Денисова Е.М. Методы интенсификации процесса измельчения цементного клинкера и добавок// Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» Белгород: Изд-во БГТУ. Вып. XX. - 2021. - с. 122-126.

11. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Матусов М.Г., Денисова Е.М., Королева Л.А. Способы интенсификации работы трубных шаровых мельниц// Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие и оборудование для производства строительных материалов» - Белгород: Изд-во БГТУ. Вып. XIX. - 2020 - с. 167-172.

12. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Матусов М.Г., Королева Л.А. Газиев Х.Х., Разработка эффективных способов подачи интенсификаторов помола в цементную мельницу// Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» Вып. XXI. - 2022. - с. 254-260 Белгород: Изд-во БГТУ.

УДК 621.926.22

Никулин В.В.

Научный руководитель: Юдин К.А., канд. техн. наук
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВНЕДРЕНИЕ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ПРИВОД ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ

В современном мире научно-технический прогресс каждый день должен подвергаться различным улучшениям, чтобы оптимизировать производство и облегчать труд.

Щековая дробилка – один из ключевых элементов технологической цепи на горно-обогатительных комбинатах, предприятиях строительной индустрии и горнодобывающей отрасли. Традиционный электропривод этих машин характеризуется высоким энергопотреблением, значительными пусковыми токами и ударными механическими нагрузками. Внедрение частотных преобразователей (ЧП) в привод щековых дробилок открывает новые возможности для оптимизации технологических процессов и снижения эксплуатационных затрат.



Рис.1. Щековая дробилка

Щековая дробилка относится к оборудованию циклического действия с переменной нагрузкой. Основные особенности привода:

1. Кратковременные пиковые нагрузки при разрушении материала

2. Значительные пусковые моменты

3. Неравномерность нагрузки в течение рабочего цикла

4. Высокие ударные нагрузки на механические передачи

К проблемам традиционного электропривода относят высокие пусковые установки, превышающие номинальные в 5-7 раз, также механические удары при пуске и остановке, перегрузки электродвигателя при заклинивании материала, невозможность плавной регулировки производительности и высокое энергопотребление при работе в неоптимальных режимах.

В ходе совместной работы технического персонала компаний «ТЭТ-РС» и «Каменный карьер» было принято решение осуществить модернизацию привода щековой дробилки, применив частотный преобразователь «Данфосс» серии VLT® Automation Drive FC-302 мощностью 200 кВт и степенью защиты IP54 [1].



Рис. 2. Шкаф автоматизированной системы управления оборудованием щековой дробилки СМД-118 и пластинчатого питателя [2].

Преимущества внедрения частотного преобразователя

1. Плавный пуск и остановка. К ним относят устранение пусковых токов, снижение механических нагрузок на привод и увеличение ресурса подшипников, редукторов и муфт.

2. Защита от перегрузок. Она включает автоматическое снижение скорости при заклинивании, предотвращение аварийных ситуаций и защиту электродвигателя от перегрева [3].

3. Гибкое регулирование производительности. К нему относятся изменение скорости дробления в зависимости от материала, оптимизация гранулометрического состава продукта и автоматическое поддержание оптимального режима работы.

Выбор частотного преобразователя

Для привода щековой дробилки рекомендуется выбирать ЧП с определенными характеристиками. Например, к ним относятся запас мощности на 15-20%, повышенная перегрузочная способность, функция контроля момента, встроенная защита от перегрузок.

С точки зрения экономического эффекта внедрение частотного преобразователя обеспечивает снижение энергопотребления на 20-30%, увеличение ресурса механических компонентов на 40-50%, сокращение простоев на ремонт и обслуживание, а также уменьшение затрат на техническое обслуживание (минимизирован износ электроприводов, коммутационной аппаратуры, дорогостоящих механических узлов) [4].

Внедрение частотного преобразователя в привод щековой дробилки представляет собой технически и экономически обоснованное решение. Оно позволяет не только значительно снизить эксплуатационные расходы, но и повысить надежность оборудования, улучшить качество конечного продукта и увеличить общую эффективность производственного процесса.

Современные частотные преобразователи с интеллектуальными системами управления открывают новые возможности для оптимизации работы дробильного оборудования, делая его более гибким, экономичным и надежным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горшков П. С., Ермаков С. А. Пластинчатые питатели горнодобывающей промышленности //Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 180-187.
2. Дорохов А. П. Модернизация привода щековой дробилки смд-118 //Новые горизонты. – 2022. №8 С. 28-30.

УДК 621.926.74

Обернихин А.А., Щипцов А.В.

Научный руководитель: Фадин Ю.М., канд. техн. наук, проф.

***Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАГРУЗКИ КОНУСНОЙ ДРОБИЛКИ

Конусная дробилка – это машина ударно-сжатого действия, где разрушение материала осуществляется в результате гирационного движения дробящего конуса внутри стационарной чаши [1].

Конструкция конусной дробилки основана на взаимодействии подвижного дробящего конуса с неподвижной чашей, где измельчение материала происходит за счет сжатия и сдвига. Эксцентриковый механизм придает конусу сложное гирационное движение, обеспечивая равномерный износ рабочих поверхностей. Регулировка выходной фракции осуществляется изменением зазора между конусами с помощью гидравлической или механической системы. Жесткая

пространственная рама и мощный приводной узел гарантируют устойчивость при высоких нагрузках. Конструктивная схема конусной дробилки изображена на рис. 1.

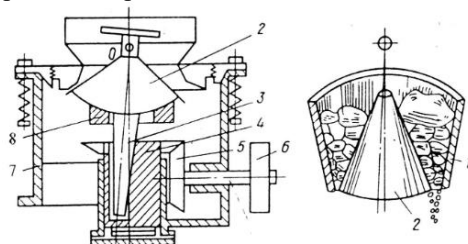


Рис. 1 Конструктивная схема конусной дробилки:

- 1 - коническая чаша, 2- дробящий конус, 3 - вал,
4- эксцентриковый стакан, 5 - коническая передача, 6 - приводной вал,
7 - станина, 8 – подпятник [2]

Технологический процесс работы конусной дробилки состоит в следующем:

- Исходный материал поступает в рабочую зону через загрузочный бункер.

- Вращение эксцентрика вызывает циклическое сближение поверхностей конусов.

- Разрушение материала происходит за счёт комбинированного воздействия многократного сжатия, изгибающих нагрузок и абразивного истирания.

- Готовая фракция выводится через регулируемую разгрузочную щель.

Эффективная работа конусных дробилок в значительной степени зависит от грамотной организации процесса загрузки, который требует комплексного подхода к управлению подачей материала. В современных условиях технологического прогресса методы регулирования загрузки претерпели существенную эволюцию, перейдя от простых механических решений к интеллектуальным системам автоматического управления.

Традиционные механические методы регулирования, основанные на ручной корректировке разгрузочного зазора с помощью регулировочных колец (Рис. 2) и винтовых механизмов, постепенно уступают место более совершенным решениям. Такой подход отличается простотой и надежностью, но его существенным недостатком остается необходимость периодической остановки

оборудования для проведения регулировок, что снижает общую производительность технологической линии [3].



Рис. 2 Регулировочное кольцо конусной дробилки

Современные автоматизированные системы управления подачей материала через вибрационные питатели и ленточные конвейеры с частотным регулированием позволяют поддерживать оптимальную загрузку в режиме реального времени. Эти решения обеспечивают плавное изменение интенсивности подачи сырья в зависимости от текущей нагрузки на дробилку, что значительно повышает эффективность процесса дробления. Интеграция таких систем в автоматизированные системы управления технологическими процессами открывает новые возможности для оптимизации производства (Рис. 3) [4].

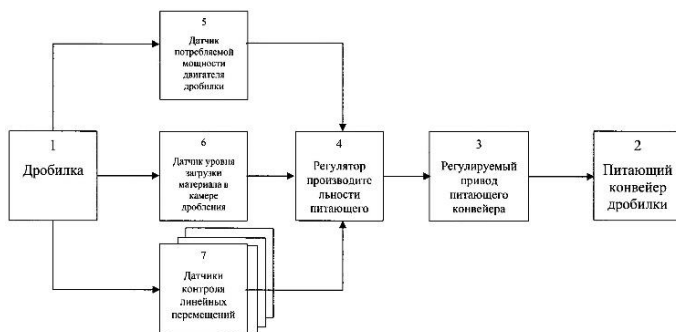


Рис. 3 Схема системы управления режимом работы и регулированием загрузки дробилки

Особого внимания заслуживают гидравлические системы регулирования (Рис. 4), которыми оснащаются передовые модели дробилок. Эти системы, оборудованные датчиками давления и нагрузки, способны мгновенно реагировать на изменение характеристик перерабатываемого материала, автоматически

подстраивая параметры работы оборудования. Гидравлические механизмы не только повышают точность регулирования, но и обеспечивают надежную защиту дробилки от перегрузок, значительно продлевая срок службы критически важных узлов [5], [6].

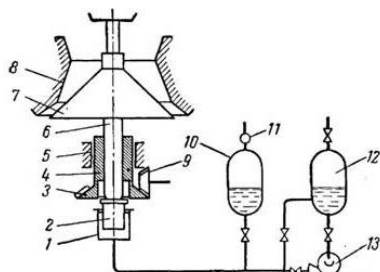


Рис. 4 Схема гидравлической системы регулирования:

- 1 - цилиндр; 2 - плунжер; 3 - ведомая шестерня; 4 - эксцентриковый стакан; 5 - станина; 6 - вал; 7 - внутренний конус; 8 - внешний конус;
9 - ведущая шестерня; 10 - аккумулятор; 11 - предохранительный клапан;
12 - резервуар масла; 13 - насос

Наиболее прогрессивным направлением стало внедрение интеллектуальных систем управления, сочетающих датчики уровня заполнения камеры, анализаторы крупности материала и сложные алгоритмы адаптивного регулирования. Такие системы способны самостоятельно анализировать текущие параметры работы и оптимизировать процесс дробления без вмешательства оператора. Использование программируемых контроллеров позволяет не только регулировать загрузку, но и вести детальный учет всех рабочих параметров, что особенно ценно для анализа и планирования производства (Рис. 5) [7].

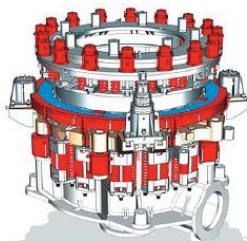


Рис. 5 Дробилка КСД-2200Т1-Д1М с интеллектуальной системой управления

В условиях сложных технологических процессов все чаще применяются комплексные решения, сочетающие многостадийные схемы дробления с системами рециркуляции материала (Рис. 6). Такой подход позволяет максимально эффективно использовать оборудование, обеспечивая высокое качество конечного продукта при минимальных энергозатратах. Интеграция систем регулирования загрузки с другим технологическим оборудованием создает предпосылки для создания полностью автоматизированных производственных линий [8], [9].

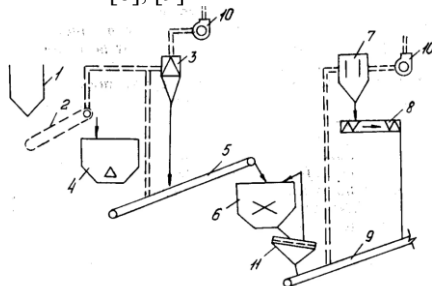


Рис. 6 Технологическая схема дробления твердых пород по замкнутому циклу:

- 1 – приемный бункер, 2 – пластинчатый питатель,
 3 – конусная дробилка,
 4 – ленточный конвейер, 5 – бункер молотковой дробилки, 6 – молотковая дробилка, 7 – ленточный конвейер, 8 – рукавный фильтр, 9 – вентилятор, 10 – аспирационный воздух, 11 – грохот

Развитие методов регулирования загрузки конусных дробилок демонстрирует четкую тенденцию к полной автоматизации процессов, внедрению цифровых технологий и созданию интеллектуальных систем управления. Эти инновационные решения не только повышают производительность оборудования, но и значительно снижают эксплуатационные затраты, что особенно важно в условиях конкурентного рынка. При выборе конкретного метода регулирования необходимо учитывать не только технические характеристики оборудования, но и экономическую целесообразность внедрения, а также общий уровень автоматизации предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ рынка конусных дробилок / С. И. Анциферов, А. В. Карачевцева, А. А. Обернихин, С. А. Ефременко // Энергосберегающие

технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 23-26.

2. StudFiles: сайт. – URL: <https://studfile.net> (дата обращения: 30.06.2025)

3. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: учебное пособие / В. А. Поскребышев, А. А. Зиновьев, Н. А. Лохова [и др.]. – Братск: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Братский государственный университет", 2009. – 380 с.

4. Патент № RU 2734831 C1, МПК B02C 25/00. Автоматизированная система управления рабочим режимом конусной дробилки: № 2019135216: заявл. 01.11.2019; опубл. 23.10.2020 / Фурин В. О., Андрюшенков Д. Н., Чернышов А. В., Комельков В. Р. – 11 с.

5. СамЛит: сайт. – URL: <http://samlit.com> (дата обращения: 30.06.2025)

6. Патент № RU 2337 756 C1, МПК B02C 2/02. Способ управления технологическими параметрами конусной дробилки: № 2007105019/03: заявл. 31.01.2007; опубл. 10.11.2008 / Белоцерковский К. Е. – 12 с.

7. Фурин, В. О. Интеллектуальные конусные дробилки ПАО «Уралмашзавод» / В. О. Фурин, К. А. Федулов, Б. В. Турьянский // Горная промышленность. – 2016. – № 6. – С. 1-6.

8. Патент № RU 171420 U1, МПК B02C 2/04. Рабочий орган конусной дробилки: № 2016142765: заявл. 31.10.2016; опубл. 30.05.2017 / Фадин Ю. М., Авдеев Я. А., Богданов В. С. – 1 с.

9. Патент № RU 2014126067 A, МПК B02C 2/04. Способ управления работы конусной дробилки: № 2014126067 заявл. 13.11.2012; опубл. 27.01.2016 / Белоцерковский К.Е. – 3 с.

УДК 004.8

Образцов М.А., Ветохина В.А., Ключкина В.А.

Научный руководитель: Игзунова С. В., канд. соц. наук, доц.

Воронежский государственный технический университет,

г. Воронеж, Россия

СОЗДАНИЕ ЧАТ-БОТА ДЛЯ ПОМОЩИ СТУДЕНТАМ: АРХИТЕКТУРА, АЛГОРИТМЫ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА

Чат-боты в учебной среде позволяют снять рутинную нагрузку с учебных подразделений и обеспечить студентам быстрые ответы на

вопросы «кто/где/когда» по расписанию. Целью работы было спроектировать и внедрить бота, отвечающего строго на основании официальных источников расписаний, с воспроизводимой методикой оценки качества. Система ориентирована на диалоговую площадку Telegram и использует локальную модель gemma3:27b для извлечения сущностей и контролируемой генерации ответов; взаимодействие реализовано через Telegram Bot API и библиотеку aiogram. Для локального инференса и интеграции LLM применяется REST-интерфейс Ollama.

Архитектура решения модульная и включает конвейер подготовки данных, ядро сопоставления и диалоговую оболочку. На вход поступают разноформатные расписания в XLS/XLSX; они нормализуются в унифицированный JSON: на уровне дня явно фиксируются дата (ISO), интервалы времени, дисциплина, тип занятия, подгруппа и признак паритета недели («числитель/знаменатель»).

Для разбора таблиц используются pandas и openpyxl, что позволяет обрабатывать как «широкие» листы с подгруппами, так и «узкие» с общими парами. Статус паритета недели определяется из официальной веб-страницы, результат кэшируется для снижения нагрузки; сетевые обращения выполняются через httpх.

Диалоговое ядро выделяет из естественно-языкового вопроса целевые сущности («преподаватель», «дисциплина», «аудитория», «дата/день»), сопоставляет их с нормализованными записями и формирует компактный контекст. Ответ генерируется в «узком коридоре» фактов, строго по найденным занятиям; свободный «разговорный» режим отделён и использует иной подсказочный шаблон. Для эксплуатационной наблюдаемости ведётся построчное журналирование в формате JSON Lines.

Методика оценки качества сочетает две оси: схожесть ответа (алгоритм Ratcliff–Obershelp, difflib.SequenceMatcher) и корректность извлечения сущностей. В извлекателе учёт повторов выполнен через мультисеты (collections.Counter), что позволяет корректно штрафовать лишние или недостающие элементы при повторяющихся интервалах/аудиториях. Считаются глобальные (micro) и per-case (macro) метрики precision/recall/F1; кейс считается успешным при выполнении одновременно двух порогов: similarity $\geq 0,80$ и macro-F1 $\geq 0,80$.

На пилотном наборе запросов (N=5) получены следующие результаты: доля успешных кейсов 100,00%; средняя схожесть 95,13%; средний macro-F1 по кейсам 95,33%. По сущностям (micro-усреднение):

«преподаватель», «предмет» и «аудитория» — $F1=100,00\%$; «время» — $F1=52,63\%$ из-за методики учёта кратностей (в эталоне интервал повторяется на каждую пару, в текстовом ответе интервалы уникализуются). Статистика времени отклика: среднее 8,28 с, медиана (P50) 7,35 с, P90/P95 17,87 с, минимум/максимум 2,79/17,87 с.

Сводные метрики по сущностям показаны на рисунке 1, сводные показатели латентности — на рисунке 2. Воспроизводимость измерений обеспечивается фиксированными промптами и протоколом прогонов; при необходимости используется детерминирующий мок-режим (без обращения к модели).

На рисунке 1 представлены метрики извлечения сущностей: сравнение micro F1 и macro F1 для категорий «преподаватель», «предмет», «аудитория», «время» ($N=5$; критерий успеха: $\text{similarity} \geq 0,80$ и $\text{macro-F1} \geq 0,80$).

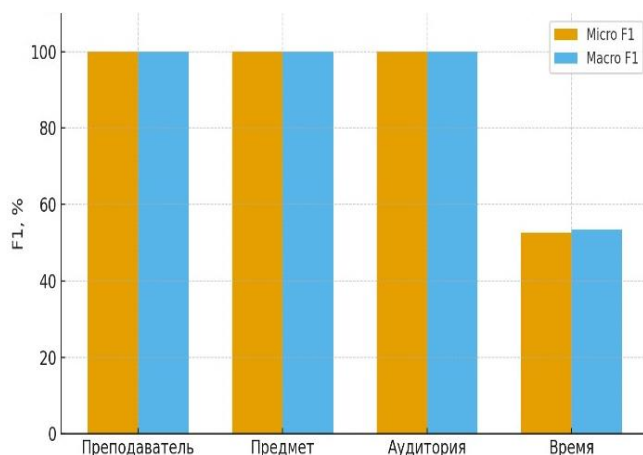


Рис.1. Метрики извлечения сущностей: сравнение micro и macro F1

Практическая значимость решения состоит в том, что студент получает проверяемые ответы по расписанию с корректной детализацией по подгруппам и паритету, а разработчик — воспроизводимую инженерную схему с измеримыми метриками качества и времени.

Ограничения связаны с полнотой и стабильностью исходных XLS/XLSX, зависимостью статуса паритета от внешнего источника и ограниченной мощностью пилотного набора ($N=5$). На рисунке 2

показан график время отклика: Min 2,79 с, P50 7,35 с, Mean 8,28 с, P90/P95 17,87 с, Max 17,87 с (N=5).

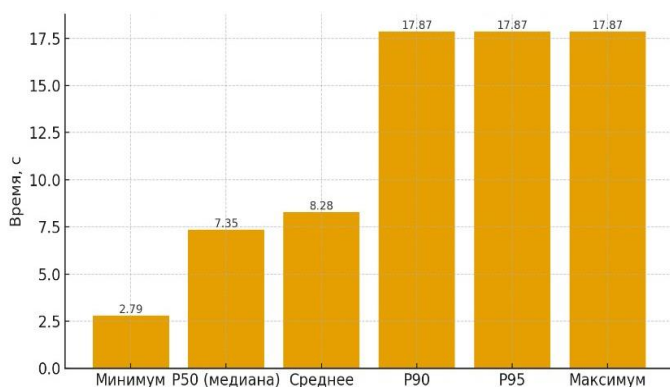


Рис. 2. Время отклика

В дальнейшем планируется расширить тестовую выборку, провести сравнение с альтернативными конфигурациями (без LLM-экстракции, другие модели), а также унифицировать правило учёта интервалов времени в эталонах и ответах.

Метрики получены автоматическим скриптом-раннером: он подаёт боту набор заранее подготовленных вопросов, получает ответы и сравнивает их с эталоном — по текстовой схожести (Ratcliff–Obershelp) и по извлечённым сущностям (преподаватель, предмет, аудитория, время) с учётом кратностей. Скрипт формирует per-case и сводные micro/macro-F1, считает перцентили времени отклика и отмечает кейс как успешный, если одновременно выполнены пороги $\text{similarity} \geq 0,80$ и $\text{macro-F1} \geq 0,80$.

Таким образом разработан и внедрён чат-бот для Telegram, который отвечает на вопросы «кто/где/когда» строго по нормализованным данным расписания, с разделением подгрупп и учётом паритета недели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Telegram Bot API : [сайт]. – URL: <https://core.telegram.org/bots/api> (дата обращения: 02.10.2025). – Текст : электронный.

2. Aiogram: официальная документация (v3) : [сайт]. – URL: <https://docs.aiogram.dev/> (дата обращения: 02.10.2025). – Текст : электронный.

3. Telegram APIs (Bot API, Telegram API, TDLib) : [сайт]. – URL: <https://core.telegram.org/> (дата обращения: 02.10.2025). – Текст : электронный.

4. Ollama REST API — Chat/Generate : [сайт]. – URL: <https://ollama.readthedocs.io/en/api/> (дата обращения: 02.10.2025). – Текст : электронный.

5. Pandas: официальная документация : [сайт]. – URL: <https://pandas.pydata.org/docs/> (дата обращения: 02.10.2025). – Текст : электронный.

6. Openpyxl: документация : [сайт]. – URL: <https://openpyxl.readthedocs.io/> (дата обращения: 02.10.2025). – Текст : электронный.

УДК 666.198

Овчинников А.С.

Научный руководитель: Онищук В.И., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОСОБЕННОСТИ КОМПАКТИРОВАНИЯ СМЕСИ ОТСЕВОВ ГАББРО-ДИАБАЗА И ДОЛОМИТА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

Производство минеральной ваты на предприятии «Завод ТЕХНО» в г. Белгороде является высокотехнологичным и конкурентоспособным в сравнении со многими предприятиями подобного профиля. Во многом это объясняется использованием в технологическом процессе эффективного термического оборудования для получения минерального расплава – ванн рекуперативных печей.

В качестве сырьевых материалов на предприятии используются два вида минерального сырья – габбро-диабазы и доломиты, подготовка которых заключается в контрольном просеве, обеспечивающем удаление частиц этих материалов, размером менее 5 мм, что обеспечивает существенное снижение их пыления при загрузке смеси в стекловаренную печь и увеличение службы работы рекуператора за счет уменьшения образования на трубах рекуператора наслоений пылеуноса.

В результате контрольного просева ежегодное накопление отсевов габбро-диабазов и доломитов на предприятии составляет 2900 и 1600

тонн, соответственно, поэтому решение вопросов использования этих технологических отходов для повышения эффективности производства является актуальным и своевременным.

Экспериментальные работы, позволившие выявить особенности компактирования смеси указанных технологических отходов, проводились в соответствии с разработанной схемой, позволившей определить рациональные: способ подготовки материалов к процессу компактирования, выбор способа компактирования и вид, и концентрацию связующих компонентов, способствующих получению определенной прочности компактов [1]. Приведенный набор определяемых процессов использован, исходя из общепринятых представлений в области технологии компактирования различных моно- и гомогенных смесей [2-4].

Процессы, применяемые для преобразования отсевов в компакт, пригодный для транспортировки, складирования и хранения с целью использования его повторно, включают в себя сушку, измельчение, смешение и прессование [5].

Для того чтобы измельчить отсеvy доломита и габбро-диабазы, необходимо предварительно высушить их, так как без сушки эффективность помола будет низкой вследствие агрегирования порошков и налипания на поверхности измельчающих устройств.

В настоящее время для тонкого измельчения наиболее эффективными являются шаровые мельницы. В шаровой мельнице измельчение происходит за счет двух основных процессов: удара и истирания, при сочетании которых достигается максимальная эффективность.

Полная работа внешних сил при измельчении выражается уравнением Ребиндера:

$$W = W_n = G\Delta S \text{ или } W = k_2 G d^2, \quad (1)$$

где W_n - работа образования новых поверхностей;

S - величина вновь, образовавшейся поверхности;

k и G - коэффициенты.

Измельчение идёт с образованием новой поверхности, что сопровождается появлением электрических зарядов. По мере измельчения электрический потенциал частиц настолько возрастает, что происходит самопроизвольное их агрегирование с уменьшением удельной поверхности и увеличением комковатости и неоднородности продукта. Исходя из выше изложенного следует, что при измельчении большая часть энергии затрачивается не на измельчение исходного материала, а на разрушение вновь образовавшихся агрегатов

(агломератов). Поэтому вводятся определённые ограничения, устанавливающие целесообразную степень измельчения каждого материала в зависимости от его назначения [5-7].

В результате тонкого измельчения разрываются отдельные химические связи поверхностных слоёв кристаллов, и в них появляются свободные атомные группы и радикалы. Т.е. тонкое измельчение приводит к «обнажению» химических соединений, обладающих повышенной активностью при взаимодействии с окружающей средой, создает благоприятные условия для протекания физико-химических процессов на границе раздела фаз. Чем более дисперсными являются сырьевые материалы и легче разрушается их кристаллическая решетка, тем полнее и с большей скоростью они взаимодействуют друг с другом [8]. Так же за счет плотности брикетов повышается теплопроводность, это позволит при плавлении снижать расход теплоносителей.

При исследовании динамики измельчения доломита и габбро-диабазы было установлено, что доломит, характеризующийся твердостью по шкале Мооса 3,5-4,0 гораздо активнее подвергается помолу в сравнении с габбро-диабазом, у которого твердость по приведенной шкале составляет 6-7 единиц [9].

При исследовании кинетики совместного помола в течение 3-х часов габбро-диабазы и доломита от фракции < 5 мм и до фракции 315 мкм, использовали керамическую шаровую мельницу с вместимостью барабана 5 л. Время помола составило 3 часа. Определение дисперсионного состава (рис. 1) показало малую эффективность уменьшения в процессе совместного помола размеров частиц габбро-диабазы, что, по всей видимости, можно объяснить блокированием частицами намалываемого доломита процессу диспергации частиц габбро-диабазы.

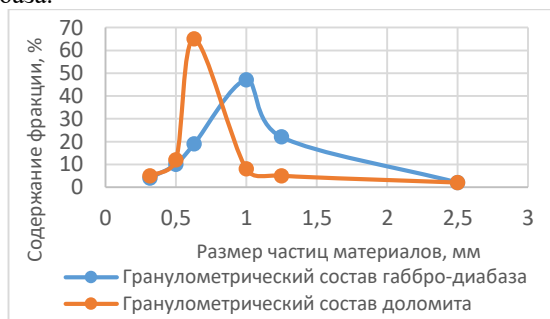


Рис. 1. Дифференциальные кривые распределения размеров частиц доломита и габбро-диабазы при совместном помоле

При раздельном помоле кинетика измельчения этих материалов отличается от совместного помола (рис.2)

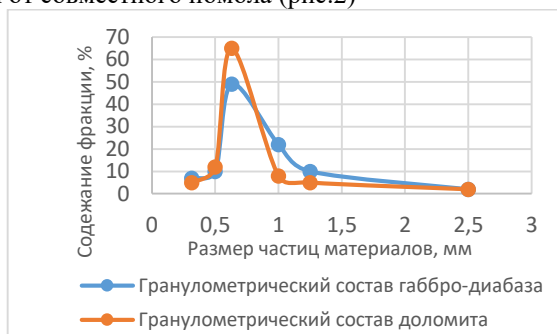


Рис. 2. Дифференциальные кривые распределения размеров частиц доломита и габбро-диабазы при раздельном помоле

На основании изучения кинетики помола материалов была установлена необходимость их раздельного помола.

Поскольку и алюмосиликатные горные породы, и карбонатное сырье без дополнительной подготовки не могут быть отнесены ни к гигроскопичным, ни к пластичным компонентам, следовательно одним из возможных решений для получения компактов на основе указанного сырья может быть дополнительное использование вяжущих материалов.

Для получения брикетов в измельченные мелкодисперсное карбонатное и алюмосиликатное. После чего осуществляли затворение водой. Формование брикетов (рис. 3) осуществлялось в квадратной пресс-форме с размером 30x30 мм, установленную на вибро-плиту. Оптимальный коэффициент засыпки, определенный экспериментально составлял $k = 3$. Вибропрессование осуществляли в течении 12 с, в замкнутом объеме, ограниченном рабочими поверхностями указанной пресс-формы, при установке сверху пригруза массой 20 кг.

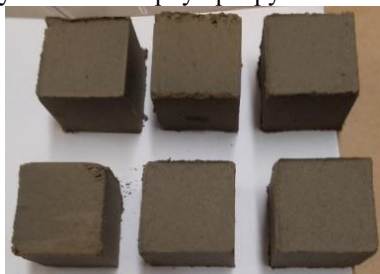


Рис. 3. Внешний вид полученных брикетов

Всего было изготовлено по 4 состава композиций смесей в которых в качестве связующего использовался цемент. Оптимальный вещественный состав с однокомпонентным связующим, при котором получился брикет представлен в табл. 1.

Таблица 1 Вещественные составы с однокомпонентным связующим

Наименование материала	Вес, г	Проценты, %
Доломит	60	20
Габбро-диабаз	240	80
Вода	30	10
Цемент	30	10

При изготовлении брикетов было определено оптимальное водо-цементное отношение, равное 27.

Для повышения прочности формуемых брикетов опробовали гетерофазное связующее, представляющего собой водный раствор цемента с оптимальным водоцементным соотношением и вводимого в него активатора отверждения, что обеспечило относительный прирост прочности брикетов.

Установлено, что активатор отверждения способствует более быстрому затвердеванию брикета (в течение 12 ч., против 28 сут. при использовании цемента) и увеличивает прочность брикета, делая брикет устойчивым к нагрузкам и агрессивным средам.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- твердение и набор прочности брикетов отсеков доломита и габбро-диабаз обусловлен гидратацией вводимых в состав шихты вяжущих веществ;

- вибропрессование также способствует повышению прочности за счет более плотного сближения частиц, что обеспечивает соответствующий контакт между пленками воды и зёрнами материала, а также более плотную упаковку материала;

- доказана возможность получения брикетов из отсеков доломита и габбро-диабаз для применения в технологических процессах производства минераловатных изделий;

- прочность полученных образцов с добавками активатора, значительно превышает минимально допустимую (в 2-6 раз в зависимости от вида и количества связки);

- наиболее оптимальными сроки твердения брикетов из отсеков доломита и габбро-диабаз на гидравлическом вяжущем, составляют 28 суток, дальнейшее нарастание прочности является незначительным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Онищук В.И., Овчинников А.С. Априорная оценка возможности брикетирования мелкодисперсных фракций доломита и габбро-диабаз // Международная научная конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. Ч.11 – С.125-130.

2. Техника и технология брикетирования порошкообразных и вязкопластичных техногенных материалов / В. С. Севостьянов [и др.] // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2012. – №3. – С. 87-91.

3. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Уральский А.В. Энергосберегающая техника и технологии для комплексной переработки природных и техногенных материалов // Эковестник России. 2010 №1. С. 68-79.

4. Назаров В.И., Макаренков Д.А., Четвертаков Г.В. и др. Переработка и утилизация дисперсных материалов и твердых отходов / Учебное пособие М.: Альфа-М. – 2014. – 462 с.

5. Козловский, В. И. Диспергационные методы получения тонкодисперсных материалов / В. И. Козловский, О. А. Петров // Химическая технология и техника : материалы докладов 83-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 4-15 февраля 2019 г. – Минск : БГТУ, 2019. – С. 56-57.

6. Физико-химическая механика дисперсных структур [Текст]:Сборник статей/Академия наук СССР; Отв.ред. акад. П.А. Ребиндер. – Москва: Наука, 1966. – 400 с.

7. Определение гранулометрического состава дисперсных материалов / А. С. Кантаев – Томск: Изд. ТПУ. 2014. – 12 с.

8. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов / И. П. Павлова – Екатеринбург: Изд. УрФу. 2020. – 196 с.

*Омельчук Д.А., Смыкова А.В., Тарасенко В.Н.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕКРЕАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Города сегодня немыслимы без зеленых зон для отдыха и развлечений, таких как скверы, бульвары с деревьями, большие парки и сады. Эти места важны для физического и душевного благополучия горожан. Однако, из-за быстрого роста городов, зеленые зоны, предназначенные для отдыха, постепенно уменьшаются и ухудшаются. Поэтому создание и развитие таких пространств, которые положительно влияют на здоровье, сейчас является одним из самых важных способов заботы о здоровье людей [1 – 2].

Люди все больше нуждаются в местах, где можно отдохнуть на природе, вдали от городской суеты. Важно помнить, что со временем зеленые зоны морально устаревают, меняются их характеристики и функции. Особое внимание следует уделять небольшим паркам, расположенным среди плотной застройки. Эти объекты играют ключевую роль в создании комфортной городской среды. Ежедневно их посещают десятки горожан, скверы превращаются в популярные места для молодежи, семей с детьми, любителей неспешных прогулок и активного отдыха (Рис. 1).

Городские скверы нуждаются в модернизации, чтобы стать более комфортными для всех категорий горожан. Современные жители предъявляют все более высокие требования к местам отдыха, поэтому городская среда должна соответствовать этим ожиданиям. Улучшение скверов повысит их привлекательность и сделает их популярными среди горожан, что, в свою очередь, может привлечь и малый бизнес [3 – 5].



а)

б)

Рис. 1 Примеры паркового пространства, расположенного в городе:
а – Гамбург, Planten un Blomen (фото: [Maria Gulina](#)); б – Сеул, парк

Чхонгечхон

По мере того, как города растут и становятся более густонаселенными, меняется и наше восприятие окружающей среды. Раньше город и природа воспринимались как отдельные, даже враждебные друг другу сущности, и парки были лишь искусственными уголками зелени среди бетона. Сейчас же градостроители стремятся к созданию "зеленых каркасов" – взаимосвязанных природных зон. В этой новой концепции парки и связывающие их зеленые полосы (бульвары, реки, каналы) рассматриваются как неотъемлемая часть городской инфраструктуры. Цель состоит в том, чтобы парки функционировали как единая экосистема, а зеленые коридоры обеспечивали экологическую связь между ними [6].

Создание ландшафтных проектов – задача не менее трудная и захватывающая, чем проектирование зданий. В этой области главными элементами являются растения, чьи характеристики постоянно трансформируются: габариты, очертания, оттенки и структура. Используя водоемы, русла рек, перепады рельефа, можно воссоздавать разнообразные пейзажи в парковых зонах. Незначительное изменение перспективы – и взору предстает абсолютно новый горизонт. Даже в холодное время года парк может поражать палитрой красок: белоснежные, изумрудные, угольно-черные стволы деревьев, пепельные и багряные ветви (Рис. 2). В хорошем городском парке не обязательно должно быть много деревьев, важны крупные представители с раскидистой листвой. Такое пространство разительно отличается от непроходимой чащи дикого леса.



Рис. 2 Деревья с большой кроной в парковом пространстве:
а – Канадзава, Kenroku-en ; б – Москва, главный ботанический сад
имени Н.В. Цицина

Даже мертвые деревья имеют право на существование в парковой зоне. Грамотное управление позволяет рассматривать их не как источник опасности или эстетический недостаток, подлежащий немедленному устранению, а как неотъемлемую часть природного

окружения. Наблюдение за естественными процессами, происходящими в таких деревьях, возможно на протяжении десятилетий. Именно они формируют неповторимую атмосферу парка. Усохшее дерево с причудливыми ветвями способно органично вписаться в ландшафт, напоминая собой авангардную скульптуру – уместное дополнение к парковым объектам искусства, подчеркивающее художественную ценность самого ландшафта.

Помимо ухоженных газонов, в парке обязательно должны присутствовать кустарники и луговые травы. Это создает идеальную среду обитания для насекомых, мелких зверей и птиц, превращая парк в ключевую территорию для сохранения биологического разнообразия в городской среде. Данный аспект становится особенно актуальным на фоне тревожного роста числа исчезающих видов, который наблюдается в последние годы.

К примеру, в Австралии очаги наибольшего биологического разнообразия наблюдаются не столько в диких условиях, сколько в урбанизированных зонах, а точнее, в городских парках. Для поддержания биоразнообразия в парковых зонах может быть принято решение о прекращении стрижки травы или уборки опавшей листвы на определенных территориях. Крайне важно, чтобы горожане были осведомлены о мотивах таких мер, например, посредством информационных стендов.

Концепция одного большого центрального парка в городе потеряла свою актуальность. Современные урбанисты подчеркивают важность создания небольших ("карманных") парков в различных районах города. Городские парки приносят пользу, включая эстетическое наслаждение и поддержание натуральных экосистем, укрепление здоровья и стимуляцию физической активности, культурное и образовательное развитие, сплочение местных сообществ и экономический подъем. Парки предоставляют как личные пространства для уединения, так и общественные зоны для социализации.

Парки также представляют собой культурный ландшафт и даже элемент демократии – место, где возможно выражать требования к социальным переменам, как это делал Ганди в Индии. Искусство создателей парков заключается в гармоничном сочетании природной (экологической значимости) и практической функции (пользы для людей), что играет ключевую роль в развитии урбанизированной городской среды.

Парки служат незаменимыми общественными зонами для отдыха на природе, открытыми для каждого горожанина (Рис. 3). Под "каждым" подразумевается вся широта человеческого разнообразия: от самых юных и старших до людей с особыми потребностями и тех, кто приходит с питомцами, независимо от их возраста, пола, происхождения или рода занятий. Создание комфортной и учитывающей интересы всех этих групп среды – это фундаментальная социальная задача парковых территорий. Инклюзивный подход в парках выходит за рамки простого удовлетворения потребностей; он направлен на создание условий для позитивного взаимодействия между посетителями. Это может проявляться в организации совместных игровых пространств для детей с различными возможностями, обеспечении беспрепятственного доступа к игровым зонам и сопутствующей инфраструктуре (например, навесам от солнца и пеленальным столикам). Не менее важны удобные пешеходные маршруты, доступные санитарные узлы и интуитивно понятная система ориентирования.

Истинная зрелость города измеряется его отношением к наиболее уязвимым группам населения. Поэтому парки должны быть спроектированы так, чтобы ими могли полноценно пользоваться как дети, так и пожилые люди. Для ребенка игра – это фундаментальный процесс обучения, который способствует развитию моторики, навыков общения, когнитивных способностей и формированию социальных связей. Принцип "urban 95" служит ориентиром для оценки пригодности пространств для детей: он призывает представить, как бы выглядел мир с точки зрения трехлетнего ребенка (на высоте 95 см), и какие изменения были бы необходимы.

В условиях старения общества и увеличения продолжительности жизни, пожилые люди будут играть все более значимую роль в городской среде. Парки для них – это не только место для физической активности, но и возможность для социального взаимодействия и борьбы с изоляцией. Следовательно, парки должны предоставлять возможности для их любимых занятий, будь то неспешные прогулки, вязание или йога. В идеале, парки должны не только быть удобными для представителей разных поколений, но и активно стимулировать их общение.

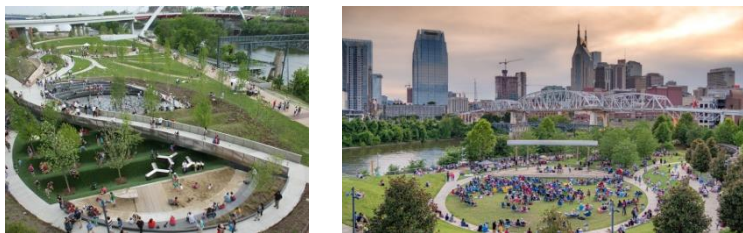


Рис. 3 Камберленд парк, Нэшвилл

Практическим воплощением этого может стать создание зон отдыха с навесами и скамейками, расположенных в непосредственной близости от детских площадок, где пожилые люди могли бы комфортно отдыхать, наблюдая за играющими внуками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Енин А.Е., Грошева Т.И. Архитектурные особенности и закономерности формирования ландшафтно-рекреационных пространств исторической части города при реконструкции // Известия КГАСУ, 2022 №4(62), с. 203 – 212. DOI: 10.52409/20731523_2022_4_203, EDN: TVBMLN.
2. Василенко Н.А. Ландшафт города как один из системообразующих факторов оздоровления населения / Г.И. Лаврик, Н.А. Василенко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. № 1. С. 34 – 41.
3. Обновление городских скверов: создание современного пространства в городах / [Электронный ресурс] // Blokstudio.ru [сайт]. <https://blokstudio.ru> (дата обращения: 8.10.2025).
4. Благоустройство и озеленение населенных пунктов: учеб. пособие / А.Н. Поршакова, М.С. Акимова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 156 с.
5. Проектирование и озеленение населенных мест: учеб. пособие для студентов агрономического факультета направления подготовки 35.03.05 Садоводство / сост.: Е.Н. Габилова, В.К. Мухортова; Донской ГАУ. – Персиановский: Донской ГАУ, 2018. – 199 с.
6. Главное место в городе. Какими должны быть городские парки? / [Электронный ресурс] // 34 Travel [сайт]. <https://34travel.me> (дата обращения: 8.10.2025).

Остапюк С.И., Преснова Е.С.

Научный руководитель: Нейман А.П., канд. техн. наук, доц.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ЧАСТИЦ ИЗНОСА, ГЕНЕРИРУЕМЫХ ПАРОЙ ТРЕНИЯ ЭНДОПРОТЕЗА КОЛЕННОГО СУСТАВА

Тотальный эндопротез коленного сустава (ТЭКС) – изделие, направленное на восстановление мобильности и купирование болевого синдрома у пациентов. Однако выживаемость импланта ограничена риском развития асептического расшатывания, выступающего основной причиной ревизионных хирургических вмешательств. Ведущее звено механизма патогенеза данного осложнения – реакция организма на выброс частиц износа, генерируемых в результате трибологической нагрузки на пару трения [1].

Продукты износа, в зависимости от химической природы, могут с разной интенсивностью поглощаться макрофагами перипротезных тканей. Этот процесс инициирует обилие воспалительных реакций, опосредованное высвобождением спектра медиаторов (цитокинов, простагландинов и матриксных металлопротеиназ), которые активируют остеокласты, что приводит к резорбции окружающей эндопротез костной ткани – остеолизу [2, 3].

Биологическая активность частиц напрямую коррелирует с их физико-химическими параметрами:

- **Размер:** Наибольшей цитотоксичностью и провоспалительным потенциалом обладают частицы субмикронного размера, что связано с их эффективным фагоцитозом [4].
- **Морфология:** Частицы в виде иголок и волокон демонстрируют более выраженную способность стимулировать воспалительный ответ в сравнении со сферическими аналогами [5].
- **Концентрация:** С ростом концентрации возрастает интенсивность иммунной реакции [6].
- **Материал:** Химический состав частиц определяет их токсичность для клеток и способность вызывать биологический ответ.

Таблица 1. Сравнительная характеристика методов анализа частиц износа

Метод анализа	Принцип действия	Аналитическое возможности	Преимущества	Ограничения
Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)	Фиксирование вторичных и отраженных электронов, выходящих с поверхности образца при сканировании его пучком высокоэнергетических электронов, для снятия изображения топографии поверхности образца.	Исследование морфологии и размеров частиц, элементный анализ, определение состава частиц посредством энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия.	Высокое пространственное разрешение, создание трехмерной визуализации, определение элементного состава.	Трудоемкая подготовка образцов (напылении проводящего слоя), необходимость создания вакуума, дороговизна оборудования [7, 8].
Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ)	Пучок электронов при прохождении через ультратонкий образец формирует статичное проекционное изображение внутренней структуры образца.	Изучение наноразмерных частиц и анализ их кристаллической структуры и дефектов.	Максимальное разрешение, анализ внутреннего строения.	Чрезмерно сложная и трудоемкая пробоподготовка, необходимость в высоком вакууме, анализ крайне малой площади образца [9, 10].
Лазерная дифрактометрия	Измерение угловой зависимости интенсивности света, рассеянного проникающим сквозь суспензию частиц лазерным пучком. Распределение частиц по размерам можно определить по	Определение размерного распределения и гранулометрического состава с высокой скоростью и статистической	Высокая скорость анализа, простота использования, анализ в жидкой фазе.	Отсутствие данных о форме и химическом составе частиц, необходимость идеального диспергирования, низкая чувствительность к наночастицам [11, 12].

	картине дифракции Фраунгофера.	достоверностью.		
Проточная цитометрия	Суспензия частиц проходит в виде струи через лазерный луч. Регистрируются светорассеяние и флуоресценция (меченых частиц).	Высокопроизводительный количественный анализ, сортировка частиц.	Очень высокая скорость и пропускная способность, возможность мультипараметрического анализа и сортировки.	Косвенное определение размера частиц, отсутствие визуальной информации о морфологии, низкая скорость анализа, необходимость подготовки суспензии [13, 14].

Ни один из рассмотренных методов не является универсальным и не может предоставить полную характеристику популяции частиц износа. Каждый подход вносит уникальный вклад в исследовательский процесс: СЭМ пригоден для качественного морфологического анализа и определения материала частиц для понимания механизмов абразивного, усталостного, адгезионного износа, ПЭМ - узкоспециализированный метод исследования наиболее биологически активных наночастиц для изучения клеточной цитотоксичности и системных эффектов, лазерная дифракция и цитофлуориметрия применимы для скрининга и получения статистических данных о размерном распределении в больших популяциях частиц.

Наиболее продуктивной представляется стратегия, основанная на синергии подходов. Например, первоначальный скрининг образца с помощью лазерной спектроскопии обеспечивает быструю оценку общего размерного профиля, затем для детального изучения морфологии и состава частиц из ключевых размерных фракций используется СЭМ. Если есть подозрения на присутствие множества мелких частиц, применяют ПЭМ.

Сравнительный анализ демонстрирует, что выбор методики должен определяться исходя из конкретных задач исследования. Для всесторонней оценки вероятности развития остеолита необходим комплексный подход, сочетающий методы количественного анализа с высокоточными методами качественной характеристики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Postler A., Lützner C., Beyer F. et al. Analysis of Total Knee Arthroplasty revision causes // BMC Musculoskelet Disord. – 2018. – Vol. 19. – P. 55.
2. Panez-Toro I., Heymann D., Gouin F., Amiaud J., Heymann M.-F., Córdova L.A. Roles of inflammatory cell infiltrate in periprosthetic osteolysis // Front. Immunol. – 2023. – Vol. 14. – Article 1310262.
3. Gibon E., Amanatullah D. F., Loi F., Pajarinen J., Nabeshima A., Yao Z., Hamadouche M., Goodman S. B. The biological response to orthopaedic implants for joint replacement: Part I: Metals // Journal of biomedical materials research. Part B, Applied biomaterials. – 2017. – Vol. 105, № 7. – P. 2162–2173.
4. Musib M. K. Response to Ultra-high Molecular Weight Polyethylene Particles // American Journal of Biomedical Engineering. – 2011. – Vol. 1, № 1. – P. 7–12.
5. Horowitz S. M., Gonzales J. B. Effects of polyethylene on macrophages // Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society. – 1997. – Vol. 15, № 1. – P. 50–56.
6. Matthews J. B., Besong A. A., Green T. R., Stone M. H., Wroblewski B. M., Fisher J., Ingham E. Evaluation of the response of primary human peripheral blood mononuclear phagocytes to challenge with in vitro generated clinically relevant UHMWPE particles of known size and dose // Journal of biomedical materials research. – 2000. – Vol. 52, № 2. – P. 296–307.
7. Зеер Г. М., Фоменко О. Ю., Ледяева О. Н. Применение сканирующей электронной микроскопии в решении актуальных проблем материаловедения // Журнал СФУ. Химия. – 2009. – № 4. – С. 345–353.
8. Седых Д. А., Долженко А. А., Бадамшин А. М. Растровая сканирующая электронная микроскопия в материаловедении // Техника и технологии машиностроения: материалы IX Международной научно-технической конференции, Омск, 08–10 июня 2020 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2020. – С. 7–13.
9. Жарков С. М. Методы современной просвечивающей электронной микроскопии в исследовании материалов // Журнал СФУ. Химия. – 2009. – № 4. – С. 354–362.
10. Волочаев М. Н. Применение методов просвечивающей электронной микроскопии в материаловедении // Решетневские чтения. – 2015. – Т. 1, № 19. – С. 172–174.

11. Фетисов Г. В. Рентгеновские дифракционные методы структурной диагностики материалов: прогресс и достижения // Успехи физических наук. – 2020. – Т. 190, № 1. – С. 2–36.

12. Долгих И. А. Измерение оксигемоглобина в эритроцитах методом двухволновой сканирующей проточной цитометрии // Физические методы в естественных науках и материаловедении: материалы 58-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–13 апреля 2020 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2020. – С. 10.

13. Абалымов А. А., Ломова М. В., Новоселова М. В., Горин Д. А. Оценка накопления полимерных субмикронных микрокапсул в клеточном и межклеточном пространствах 3D сфероидов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2024. – Т. 24, № 2. – С. 123–132.

УДК 691.2 : 691.17

Петров М.М., Набоков Д.А.

Научный руководитель: Бодяков А.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухов, г. Белгород, Россия

ПОЛУЧЕНИЕ УКРЕПЛЕННОЙ ЩЕБЕНОЧНО-ПОЛИМЕРНОЙ СМЕСИ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА

В последние годы наблюдается рост интереса к использованию щебеночно-полимерных смесей в строительстве и дорожном хозяйстве. Эти материалы обладают высокой прочностью, долговечностью и устойчивостью к воздействию внешней среды. В данной статье рассматриваются методы получения укрепленной щебеночно-полимерной смеси оптимального состава, а также их преимущества и области применения.

Щебеночно-полимерные смеси представляют собой перспективный материал для дорожного строительства, благодаря своим прочностным и эксплуатационным характеристикам. Они сочетают в себе высокую прочность щебня и эластичность полимера, что обеспечивает долговечность и устойчивость дорожного покрытия к различным внешним воздействиям. В данной статье представлен подход к получению смеси оптимального состава, который позволяет

достичь высоких качественных показателей и продлить срок службы дорожного покрытия.

Щебеночно-полимерные смеси представляют собой композитные материалы, состоящие из щебня (или гравия) и полимерного вяжущего. Полимерные вяжущие, такие как эпоксидные, полиуретановые или акриловые смолы, обеспечивают высокую адгезию между частицами щебня и улучшают механические свойства смеси. Одним из основных компонентов является щебень, который определяет прочность и устойчивость смеси. Выбор фракции щебня влияет на плотность и прочность конечного продукта. Следующим элементом является полимерное вяжущее, обеспечивающее сцепление между частицами щебня и улучшает водоотталкивающие свойства смеси. Также для улучшения свойств смеси могут использоваться различные добавки, такие как пластификаторы, ускорители схватывания и модификаторы [1-2].

Для получения щебеночно-полимерной смеси оптимального состава необходимо учитывать соотношение компонентов, а также условия их смешивания и отверждения. Чтобы провести должную оптимизацию состава необходимо сделать правильный выбор щебня. Необходимо провести анализ различных фракций щебня, чтобы определить наиболее подходящую для конкретного применения. Например, для дорожного строительства предпочтительнее использовать более крупные фракции, тогда как для наливных полов могут подойти более мелкие. Также нужно определить тип полимерного вяжущего, выбор которого зависит от требуемых свойств смеси. Например, для высоких механических нагрузок лучше использовать эпоксидные смолы, тогда как для гибких конструкций подойдут полиуретановые. Далее нужно проведение серии лабораторных испытаний для определения оптимального соотношения щебня и полимерного вяжущего. Обычно это соотношение варьируется от 70:30 до 90:10 в зависимости от требований к прочности и пластичности. В дополнение к перечисленному можно использовать добавки. Их введение может значительно улучшить свойства смеси. Например, пластификаторы могут повысить текучесть, а модификаторы — улучшить адгезию.

Процесс получения укрепленной щебеночно-полимерной смеси включает в себя несколько этапов. Первым делом следует провести подготовку компонентов: щебень очищается от загрязнений и пыли, полимерное вяжущее подготавливается согласно инструкции производителя. Далее производится смешивание, когда компоненты

смешиваются в определенных пропорциях с использованием специализированного оборудования, что обеспечивает равномерное распределение полимера по щебню. Следующий этап - отверждение: полученная смесь укладывается в форму и оставляется для отверждения. Время отверждения зависит от типа полимерного вяжущего и условий окружающей среды [3].

На основе анализа результатов лабораторных испытаний производится корректировка пропорций компонентов для достижения оптимальных характеристик смеси. Это может включать в себя изменение содержания щебня, полимерного вяжущего, минеральных добавок и других компонентов.

После корректировки пропорций компонентов проводится повторное лабораторное тестирование образцов смеси. Полученные результаты анализируются для оценки эффективности внесённых изменений и достижения оптимальных характеристик. При необходимости процесс корректировки и тестирования повторяется до достижения требуемых показателей.

Преимущества использования щебеночно-полимерных смесей:

- ЩПС обладают высокой прочностью на сжатие и изгиб, что делает их идеальными для использования в дорожном строительстве и других конструкциях, подверженных значительным нагрузкам. Полимерные добавки увеличивают устойчивость смеси к механическим повреждениям и износу, что способствует увеличению срока службы объектов.

- Щебеночно-полимерные смеси демонстрируют отличную устойчивость к воздействию влаги, химических реагентов и температурных колебаний. Это делает их особенно подходящими для использования в условиях, где традиционные строительные материалы могут быстро разрушаться.

- Полимерные добавки способствуют улучшению сцепления между компонентами смеси, что обеспечивает более равномерное распределение нагрузок и уменьшает риск образования трещин и деформаций [4].

- ЩПС обладают низкой водопроницаемостью, что предотвращает накопление влаги и образование льда в зимний период. Это особенно важно для дорожных покрытий, так как снижает риск аквапланирования и увеличивает безопасность движения.

- Использование щебеночно-полимерных смесей может привести к снижению затрат на материалы и обслуживание. Долговечность и устойчивость этих смесей уменьшают необходимость

в частом ремонте и замене, что в свою очередь снижает общие затраты на эксплуатацию объектов.

– Многие полимерные добавки, используемые в ЦПС, могут быть переработаны или получены из вторичных материалов, что делает их более экологически чистыми по сравнению с традиционными строительными материалами.

– Щебеночно-полимерные смеси могут быть адаптированы под различные условия эксплуатации и требования проекта. Это позволяет использовать их в самых разных областях, включая дорожное строительство, благоустройство территорий, а также в производстве строительных изделий [5].

– ЦПС обладают высокой устойчивостью к воздействию различных химических веществ, таких как масла, бензин, соли и другие агрессивные среды. Это делает их идеальными для использования в промышленных зонах и на объектах, подверженных химическому загрязнению [6].

Получение укрепленной щебеночно-полимерной смеси оптимального состава является важной задачей в современном строительстве. Правильный выбор компонентов и технологии их обработки позволяет создать материал, который будет отвечать высоким требованиям прочности и долговечности. Внедрение УЦПС в строительные проекты способствует улучшению качества дорожного покрытия и снижению затрат на его обслуживание, что делает их привлекательными для использования в различных сферах строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьев, И. В., Петров, С. А. Исследование свойств полимерных добавок для щебеночно-полимерных смесей. Строительные материалы. 2019. № 4. С. 45–50.

2. Бодяков, А. Н. Разработка оптимального состава щебеночных смесей / А. Н. Бодяков, Д. В. Шестаков, А. Г. Рыбаков // Образование. Наука. Производство : Сборник докладов XVI Международного молодежного форума, Белгород, 30–31 октября 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 15-17.

3. Костюченко, В. И. Полимерные материалы в строительстве. – Москва: Стройиздат, 2018. – 256 с.

4. Лебедев, А. А. Оптимизация состава щебеночно-полимерных смесей для дорожного строительства. Журнал дорожного строительства. 2022. Т. 15, № 2. С. 78–85.

5. Смирнов, А. Н. Технология производства и применения щебеночно-полимерных смесей. – Санкт-Петербург: Питер, 2020. – 312 с.

6. Федоров, В. П. Современные строительные материалы: от традиционных до инновационных. – Екатеринбург: УралГТУ, 2021. – 300 с.

УДК 656.13:629.735.33

Петрова Д.В.

***Научный руководитель: Дуганова Е.В. канд. тех. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

В условиях стремительного развития технологий и роста урбанизации транспортная инфраструктура сталкивается с новыми вызовами — увеличением интенсивности движения, перегрузкой магистралей, ростом числа дорожно-транспортных происшествий и необходимостью быстрого реагирования на чрезвычайные ситуации. В этих условиях особую значимость приобретают беспилотные летательные аппараты (БПЛА), способные выполнять широкий спектр задач, связанных с наблюдением, анализом и управлением дорожной сетью. Современные интеллектуальные дрон-системы становятся не просто инструментом визуального контроля, но и важным элементом цифровой экосистемы «умного города» [1].

Интеграция беспилотных технологий в систему управления дорожным движением позволяет решать задачи, ранее требовавшие значительных человеческих и временных ресурсов. БПЛА обеспечивают получение высокоточных данных о транспортных потоках, погодных условиях, состоянии покрытия, а также поведении участников движения. На основе этих данных формируются аналитические отчёты, прогнозы и модели, помогающие

оптимизировать организацию движения в режиме реального времени [2].

Одним из перспективных направлений является взаимодействие дронов с интеллектуальными транспортными системами (ИТС). Используя технологии искусственного интеллекта и машинного обучения, дроны способны самостоятельно определять участки повышенной аварийности, прогнозировать возможные риски и передавать предупреждения операторам или напрямую в навигационные сервисы водителей. Такой подход способствует снижению числа ДТП и повышению общей безопасности на дорогах.

Важной функцией беспилотных аппаратов является аэровизуальный мониторинг дорожной сети. Дроны могут круглосуточно контролировать состояние магистралей, мостов, тоннелей и развязок, своевременно выявляя дефекты покрытия, препятствия или аварийные ситуации. В отличие от стационарных камер видеонаблюдения, БПЛА обладают высокой мобильностью и способны оперативно перемещаться в любую точку транспортной сети, обеспечивая максимально полное покрытие.

Использование технологий мультиспектральной и тепловизионной съёмки даёт возможность выявлять скрытые повреждения дорожного полотна, нарушения в конструкции мостов или перегрев элементов инфраструктуры. Собранные данные могут интегрироваться в геоинформационные системы (ГИС), формируя единое информационное пространство для планирования ремонтов и анализа состояния транспортной сети.

Беспилотные системы доказали высокую эффективность и при реагировании на ДТП. В первые минуты после аварии дроны способны прибыть на место значительно быстрее спасательных служб, обеспечивая оперативную аэровизуализацию обстановки. Благодаря этому координаторы могут точно определить масштабы происшествия, оценить риски возгорания, количество пострадавших и состояние дорожного полотна [3].

Использование дронов позволяет также повысить эффективность документирования и фиксации места ДТП. Алгоритмы машинного зрения автоматически определяют границы транспортных средств, зону разлива технических жидкостей, расположение обломков и следов торможения. Полученные данные применяются для создания трёхмерных моделей происшествия и последующего анализа причин аварии. Такой подход исключает ошибки, вызванные человеческим фактором, и обеспечивает высокую точность реконструкции событий.

Несмотря на очевидные преимущества, массовое использование БПЛА в транспортной отрасли сопряжено с рядом ограничений. Одной из ключевых проблем остаётся регулирование полётов в городской среде, где существует риск пересечения с воздушными коридорами и объектами критической инфраструктуры. Не менее актуальны вопросы защиты данных и кибербезопасности, поскольку БПЛА обрабатывают и передают большие объёмы информации, часть которой может быть конфиденциальной [4].

Решение этих задач возможно за счёт разработки единых стандартов взаимодействия между беспилотными системами, дорожными службами и экстренными ведомствами. Перспективным направлением является внедрение систем автоматического управления полётами (UTM), позволяющих координировать перемещения дронов в едином цифровом пространстве.

Также необходима подготовка кадров нового типа — специалистов, способных не только управлять беспилотными аппаратами, но и проводить анализ полученных данных, использовать технологии искусственного интеллекта и понимать специфику транспортных процессов.

В ближайшие годы можно ожидать дальнейшей интеграции беспилотных систем с наземной инфраструктурой и развитием сетей связи нового поколения (5G/6G), что позволит передавать данные в реальном времени с минимальными задержками. Кроме того, появление автономных дронов с элементами самообучения откроет возможность полностью автоматизированного управления дорожным движением, где человек будет выполнять лишь контролирующую функцию [5].

Таким образом, интеллектуальные беспилотные системы становятся неотъемлемой частью транспортной инфраструктуры будущего. Они обеспечивают повышение безопасности дорожного движения, ускоряют ликвидацию последствий аварий, снижают нагрузку на службы экстренного реагирования и способствуют переходу к устойчивой, цифровой и безопасной транспортной среде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куценко Л.Е., Бобешко А.С., Мазнев Е.С. Виды и элементы безопасности транспортных средств // Сб. материалов XI международной научно-практической конференции «Организация и безопасность дорожного движения», Тюмень ТИУ, 2018, С. 39-43.
2. Куценко Л.Е. Семенова Е.Д. Развитие автомобилестроения: от

колеса до современного автомобиля // Сб. статей XI Международной научно-технической конференции «Современные автомобильные материалы и технологии», Курск, 2019, С. 316-318.

3. Куценко Л.Е. Совершенствование организации дорожного движения посредством применения интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин, 2021, № 3(74). С. 83-91.

4. Кузнецов П. В. Современные методы фотограмметрической съёмки при расследовании ДТП. — Автотехническая экспертиза, 2023. — № 2. — С. 15–22.

5. Дьяков А. С., Иванова Л. Н. Использование беспилотных летательных аппаратов в криминалистике. — Вестник технико-юридических исследований, 2022. — № 4. — С. 58–64.

УДК 621.436

Петухов Е.А., Пасечник Л.В.

***Научный руководитель: Темасова Г.Н., д-р. техн. наук, доц.
Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия***

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И СПОСОБОВ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Экономическое благосостояние каждой страны неотъемлемо связано с развитием сельского хозяйства [1]. Проведя анализ ключевых видов техники в РФ, можно сделать вывод – значительная часть имеющейся техники эксплуатируется более 10 лет [2]. Такая техника имеет наибольшую вероятность отказов. В связи с этим повышается значимость предприятий, занимающихся ремонтом и обслуживанием. Своевременный и качественный ремонт необходим для поддержания работоспособности техники [3].

Двигатель – один из самых уязвимых узлов техники, так доля отказов цилиндропоршневой группы двигателей составляет около трети от числа всех отказов [4, 5]. Производительность двигателя зависит от надежной работы компонентов цилиндропоршневой группы [6].

На процесс износа влияют многие факторы [7, 8]: показатели температуры, показатели давления и химическое воздействие продуктов сгорания, оказывающие значительное влияние на износ цилиндров. В процессе сгорания топлива образуется множество химических соединений, которые способствуют образованию коррозии гильз

цилиндров в местах, которые не обеспечены достаточным количеством масла. Повышенному износу в результате химического воздействия способствует температурный режим дизельного двигателя, износ повышается при температуре стенок гильз ниже 90°C. Происходит процесс конденсации водяных паров на стенках цилиндров, которые, в совокупности с продуктами сгорания, образуют химические соединения – отрицательно влияющие на рабочую поверхность гильз цилиндров.

Также в результате неравномерного нагрева происходит деформация гильзы, что приводит к нарушению цилиндрической формы. А перекося поршня приводит к износу гильзы по окружности, вследствие которого происходит скребущее воздействие на стенки цилиндра кромок поршневых колец. Попадание абразивных частиц, которые попадают из окружающей среды в двигатель через масляный фильтр и воздухоочиститель, также оказывает значительное влияние на надежность гильз цилиндров. В результате попадания частиц износ подвергается внутренняя рабочая поверхность.

Наиболее распространенными дефектами являются овальность, конусообразность и возникновение продольных рисок, задиры на внутренней поверхности. Износ поверхностей нижнего и верхнего посадочного пояса, опорного бурта также являются часто возникающими дефектами.

Внутренний диаметр гильзы подвергается наибольшему износу в процессе эксплуатации двигателя, вследствие которого гильзы приходят в негодность и заменяются на новые. В то же время у старых гильз остается большой запас прочности, используя который можно сэкономить значительную часть ресурсов. В первую очередь экономия заключается в металле, ведь значительная часть детали не подвергается сильному износу, а значит металл может быть использован вновь. Именно стоимость металла является основной составляющей затрат при производстве новой детали. Также в процессе производства деталь подвергается специальным обработкам, упрочняющим ее. Это также можно использовать при восстановлении, что позволит сократить значительные затраты.

Существует много различных методов восстановления гильз цилиндров.

Один из них – *восстановление гильз цилиндров расточкой под ремонтный размер*. Если износ внутреннего диаметра более тридцати пяти сотых миллиметра, то расточка невозможна. Ключевым параметром, который способствует выбору данного способа восстановления, является относительно небольшая себестоимость.

Однако снижение износостойкости гильз вследствие снятия части закаленного слоя является существенным недостатком данного способа.

Второй метод – *восстановление гильз цилиндров металлизацией*. Сущность метода состоит в распылении расплавленного металла на поверхность детали с помощью электрической дуги. Ключевым параметром, который способствует выбору данного способа восстановления, является высокая износостойкость. Однако проведение всех операций способа восстановления является достаточно трудоемким процессом, что является весомым недостатком.

Третий метод – *восстановление гильз цилиндров гальванопокрытиями*. Сущность метода состоит в осаждении металлов на поверхность детали. Это происходит после прохождения электрического тока через электролит. В результате чего в растворе образуются ионы. Затем положительно заряженные ионы осаждаются на поверхность восстанавливаемой детали. Восстановление деталей данным методом проводят хромированием или осталиванием. Хромирование отличается высокой твердостью, повышенной коррозионной стойкостью (в 2,5 раза выше новых) и гладкостью поверхности. Осталивание отличается высокой производительностью и относительно низкой себестоимостью.

Четвертый метод – *восстановление гильз цилиндров запрессовкой износостойких стальных лент*. Сущность метода состоит в запрессовки стальной ленты с натягом. Для определения необходимой длины пластины и определения усилия при запрессовке ленты в гильзу предназначены специальные формулы. К преимуществам относят возможность многократного восстановления гильз и повышение износостойкости. Однако при восстановлении данным методом происходит ослабление жесткости гильзы, что существенно влияет на надежность системы.

Пятый метод – *восстановление гильз цилиндров электроконтактной приваркой стальной ленты*. Сущность метода состоит в приварки стальной ленты. Сначала из листа толщиной три десятых миллиметра вырезают необходимую стальную пластину. Далее необходимо осуществить приварку ленты к поверхности восстанавливаемой детали, для этого необходимо сделать одну сварную точку на расстоянии полтора миллиметра от края ленты. Затем по аналогии приваривают нижнюю часть ленты и ее края. После проведенных этапов необходимо отшлифовать пояски до номинального размера. Данный метод отличается отсутствием зазоров в стыках ленты.

Шестой метод – *восстановление гильз цилиндров износостойкими порошковыми материалами*. Сущность метода состоит в нанесении металлического порошка на восстанавливаемую поверхность детали. После чего осуществляют нагрев, в результате которого происходит процесс напекания порошкового материала. Долговечность гильзы с таким покрытием в 2...3 раза выше, чем у расточенных под ремонтный размер без покрытия. Твердость наплавленной поверхности составляет 55...58 HRC. Недостатками этого метода являются высокая температура нагрева гильзы, что приводит к изменению макрогеометрии внутренней поверхности, трудоемкость последующей механической обработки в связи с нанесением твердого слоя покрытия.

Седьмой метод – *восстановление гильз цилиндров термопластическим деформированием*. Сущность метода состоит в нагревании восстанавливаемой детали током высокой частоты с помощью индуктора. Деталь устанавливают в матрицу, после чего подвергают нагреву при температуре примерно восемьдесят шесть градусов Цельсия. В процессе нагревания в гильзе нарастают температурные напряжения, в результате которых деталь подвергается пластической деформации – уменьшается диаметр внутренней поверхности. Данные изменения способствуют увеличению твердости и сохранению износостойкости.

Для снижения уровня дефектности отремонтированных двигателей необходимо организовать входной контроль новых и восстановленных деталей и узлов на участке комплектации [9, 10].

Подводя итог, можно сделать вывод о значимости процесса восстановления гильз цилиндров. Это высокотехнологичный процесс, который экономически целесообразен, технически обоснован и экологически ответственен. Для дизельных двигателей, которые изначально рассчитаны на большой ресурс и высокие нагрузки, это наиболее логичный и эффективный способ проведения капитального ремонта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецова, И. Г. Оценка современного состояния сельского хозяйства: региональный аспект / И. Г. Кузнецова // Аграрная наука - сельскому хозяйству: Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах, Барнаул, 12–13 марта 2020 года. Том Книга 1. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2020. – С. 101-102. – EDN VEPNOI.

2. Порфирьева, А. Н. Применение методов статистического анализа в оценке развития сельского хозяйства региона / А. Н. Порфирьева // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. – 2017. – № 6. – С. 121-124. – EDN YKZFFJ.

3. Петухов, Е. А. Метрологическое обеспечение ремонта цилиндропоршневой группы двигателя ЗМЗ / Е. А. Петухов, А. В. Катаев // Научный форум: Экономика, управление и цифровые технологии в АПК-2024 : СБОРНИК ТРУДОВ, приуроченных к Международной научно-практической студенческой конференции, Москва, 20 ноября 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 289-293. – EDN VVXRHH.

4. Assessing External Defects at Manufacturing Enterprises / G. I. Bondareva, G. N. Temasova, O. A. Leonov [et al.] // Russian Engineering Research. – 2022. – Vol. 42, No. 2. – P. 151-154. – DOI 10.3103/S1068798X22020046. – EDN TMKWOZ.

5. Оценка и анализ внутренних потерь при производстве продукции на машиностроительных предприятиях / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 5. – С. 421-426. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-5-421-426. – EDN PYNKRC.

6. Теория и практика оценки рисков процессов контроля на предприятиях технического сервиса / Г. И. Бондарева, Н. Ж. Шкаруба, О. А. Леонов [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 11. – С. 29-30. 393-2021-11-29-30-32. – EDN ZANNKC.

7. Организация технического сервиса машин и оборудования : Практикум / Ю. А. Кузнецов, И. Н. Кравченко, П. В. Сенин [и др.]. – С

а 8. Разработка алгоритма верификации запасных частей при ремонте машин / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 10. – С. 27-29. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-10-27-28-29. – EDN EFMNHU.

Анализ и методика повышения надежности отремонтированных Двигателей КАМАЗ-740.10 / Р. М. Галиев, З. А. Аюкин, А. Ю. Барыкин, Д. И. Нуретдинов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – № 2. – С. 14-16. – EDN ZVSULP.

е 10. Оценка качества ремонта автотракторных двигателей / Н. А. Баганов, Ю. И. Жевора, Р. В. Павлюк [и др.] // Технический сервис машин. – 2022. – № 2(147). – С. 67-75. – DOI 10.22314/2618-8287-2022-60-2-67-75. – EDN WVLMEV.

р

УДК 621.436

г

:

Л

а

н

Петухов Е.А., Пасечник Л.В.

*Научный руководитель: Темасова Г.Н., д-р. техн. наук, доц.
Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия*

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ РЕМОНТА

Дизельный двигатель является распространенным источником энергии для техники, отличительной особенностью которого является экономичность, повышенный КПД и стабильный крутящий момент [1-

Ключевым фактором повышения эффективности современных дизельных двигателей является внедрение передовых технологий подачи топлива. В настоящее время одними из наиболее перспективных для мобильной техники с дизелями являются аккумуляторные системы топливоподачи с электронным управлением процессом впрыскивания топлива, названные Common Rail (CR) [6, 7]. Этой системой топливоподачи оснащены все виды зарубежной техники, поступающей на российский рынок. По сравнению с традиционными системами топливоподачи система CR обеспечивает высокое давление впрыска до 140 МПа, переменный угол опережения впрыска и соответствие давления впрыска скоростному и нагрузочному режимам.

Ключевым элементом топливной системы является форсунка, которая необходима для своевременного впрыска топлива. Топливо располагается в топливном коллекторе, и находится под высоким давлением. Впрыск топлива происходит после поступления соответствующего сигнала от электронного блока управления (ЭБУ). Однако в системе CR функционируют специальные форсунки, которые управляются электрическим импульсом. Это позволяет повысить скорость срабатывания электромагнитного клапана. В следствии чего повышается точность впрыска.

Эффективность работы, надежность и экономичность дизельных двигателей в значительной степени определяются техническим состоянием топливной аппаратуры [8-10]. Треть отказов приходится именно на топливную систему. Отказы можно подразделить на конструктивные и эксплуатационные. К первой группе можно отнести, например, качество изготовления. А ко второй – соблюдение необходимого технического обслуживания, интенсивность эксплуатации всей системы и т.д.

Наиболее распространенный дефект возникает из-за износа ключевых элементов системы, что приводит к снижению давления в момент впрыска. Из-за этого может увеличиться показатель расхода топлива. Из-за низкого давления под иглой распылителя и нарушения химического состава происходит загрязнение распыляющих отверстий, что приводит к уменьшению их диаметра. В результате количество поступаемого топлива снижается и мощность двигателя падает. Также на диаметр распыляющих отверстий влияет качество топлива. Если топливо низкого качества, то в нем могут находиться абразивные частицы – которые будут оказывать негативное воздействие на элементы системы. В результате воздействия диаметр отверстий увеличится, что приведет к затрудненному запуску двигателя. Также необходимо обращать внимание на параметр герметичности форсунок. Несоблюдение данного параметра может привести к увеличению расхода топлива и образованию дополнительного нагара.

Технология ремонта форсунок включает в себя проведение нескольких последовательных операций, которые необходимы для качественного и надежного ремонта. Первым делом происходит очистка детали от различных загрязнений. Данная операция заключается в тщательной промывке детали в специальной ванне с использованием моющего средства. Некоторые виды загрязнений можно очистить вручную, не прибегая к использованию специализированного оборудования. Таким образом, очистку от нагара можно провести с помощью металлической щетки, а распыляющие отверстия прочистить проволокой. После проведения тщательной и качественной очистки производят разборку детали. Для этого применяют специализированное приспособление. После тщательной и аккуратной разборки, деталь подвергается процессу дефектации. Это необходимо для определения состояния детали. Далее необходимо восстановить подвижность иглы, при помощи нанесения специальной пасты на поверхности, после чего можно собирать форсунку. После проведения перечисленных операций проводят испытание форсунки и необходимые регулировки. Далее более подробно разберем необходимые проверочные мероприятия.

В первую очередь проверяют показатель давления начала впрыскивания. Для этого применяют специальный прибор – манометр. В момент начала впрыскивания прибор покажет максимальное значение (50 Мпа). После проверки данного параметра, проверяют подвижность иглы распылителя. Для этого необходимо прогнать топливо через отрегулированную деталь, впрыскивание должно сопровождаться характерным прерывистым звуком. Далее необходимо проверить на

сколько качественно происходит распыление. На этот параметр влияют дисперсность, угол рассеивания струи, направление струи и т.д. Для проверки качества распыливания необходимо также, как и при предыдущей проверки, прогнать топливо через отрегулированную деталь. После проверки качества необходимо проверить герметичность форсунки. Также необходимо тщательно проверить герметичность уплотнений и соединений. Это происходит одновременно с проверкой запирающего конуса. После проведенных операций необходимо проверить пропускную способность форсунки. Для этого также прокачивают топливо. Для оценки данного показателя применяют значение цикловой подачи, которое измеряется в миллиметрах кубических на цикл.

Проведенное исследование позволило сделать вывод о важности регулярного технического обслуживания и своевременного выявления неисправностей форсунок. Применение новых технологий ремонта позволяет существенно продлить срок службы форсунок и обеспечить надежную работу дизельного двигателя.

Дальнейшие исследования в данном направлении будут направлены на разработку методов профилактики дефектов и повышение качества ремонтных работ. Это позволит сократить затраты на обслуживание и ремонт дизельных двигателей, повысив их надежность и долговечность.

Техника эксплуатируется в непростых условиях: сложный рельеф, запыленность воздуха, повышенная влажность и т.д. В зимний период машины работают при низких температурах. Эти факторы, несомненно, влияют на надежность и долговечность основных узлов. Поэтому необходимо тщательно следить за состоянием топливной системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петухов, Е. А. Метрологическое обеспечение ремонта цилиндропоршневой группы двигателя ЗМЗ / Е. А. Петухов, А. В. Катаев // Научный форум: Экономика, управление и цифровые технологии в АПК-2024 : СБОРНИК ТРУДОВ, приуроченных к Международной научно-практической студенческой конференции, Москва, 20 ноября 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 289-293. – EDN VVXRHH.

2. Методы и средства контроля качества обработки гильз цилиндров на ремонтных машиностроительных предприятиях / О. А. Леонов, Н. Ж. Шакуба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник

машиностроения. – 2020. – № 6. – С. 40-45. – DOI 10.36652/0042-4633-2020-6-40-45. – EDN WFKNZB.

3. Леонов, О. А. Оценка обработки цилиндров под ремонтный размер / О. А. Леонов, У. Ю. Антонова, В. В. Лазарь // Сельский механизатор. – 2022. – № 7. – С. 38-39. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-7-38-39. – EDN САКJX.

4. Темасова, Г. Н. Допусковый контроль валов в ремонтном производстве / Г. Н. Темасова // Сельский механизатор. – 2023. – № 8. – С. 40-41. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-8-40-41. – EDN PAFUWP.

6. Оценка качества ремонта автотракторных двигателей / Н. А. Баганов, Ю. И. Жевора, Р. В. Павлюк [и др.] // Технический сервис машин. – 2022. – № 2(147). – С. 67-75. – DOI 10.22314/2618-8287-2022-60-2-67-75. – EDN WVLMEV.

7. Сафин, Ф. Р. Совершенствование технической эксплуатации тракторных дизелей / Ф. Р. Сафин. – Уфа : государственное автономное учреждение науки Республики Башкортостан "Башкирская энциклопедия", 2021. – 184 с. – ISBN 978-5-88185-504-8. – EDN WDLBWB.

8. Данковцев, В. Т. Перспективы применения аккумуляторных систем топливоподачи дизельных транспортных средств / В. Т. Данковцев, В. В. Лукьянченко // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2009. – № 3(13). – С. 5-12. – EDN PBOIYN.

9. Захаров, А. В. Эффективность применения аккумуляторной топливной системы на двигателе Д-245.12С / А. В. Захаров, Л. Г. Сапун, И. О. Захарова // Модернизация аграрного образования : Сборник научных трудов по материалам VII Международной научно-практической конференции, Томск, 14 декабря 2021 года. – Томск-Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 840-844. – EDN ONQMDT.

10. Захаров, Ю. А. Система регулировки топливной аппаратуры дизельных ДВС ТиТТМО с применением эталонов / Ю. А. Захаров, К. П. Аниськин // Проблемы научной мысли. – 2019. – Т. 2, № -2. – С. 064-066. – EDN VVQFGH.

11. Тойгамбаев, С. К. Реконструкция участка ремонта топливной аппаратуры для предприятия Костанайской области / С. К. Тойгамбаев, В. А. Евграфов // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 70-5. – С. 41-47. – DOI 10.18411/lj-02-2021-166. – EDN VLOTWO.

Петухов Е.А.¹, Пасечник Л.В.¹, Катаев А.В.²

*Научный руководитель: Темасова Г.Н.¹, д-р. техн. наук, доц.
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.*

Тимирязева, г. Москва, Россия

*ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
г. Москва, Россия*

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА УЧАСТКЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

В процессе восстановления гильз цилиндров образуется большое количество загрязняющих веществ, которые негативно влияют на атмосферный воздух и сточные воды [1]. Если состав воздуха подвергся изменениям, которые неблагоприятно повлияли на окружающую среду и живые организмы, то это классифицируется как загрязнение воздушной среды. Наиболее серьезным и опасным является антропогенное загрязнение воздуха, которое возникает в процессе деятельности человека, а не природы [2].

На предприятиях, направленных на ремонт и восстановление гильз цилиндров, контролируют соблюдение двух основных факторов – устранение причин загрязнения и очистку вредных выбросов [3-5]. Последний фактор сам по себе малоэффективен, так как недостаточно очистить биосферу от вредных загрязнений, необходимо устранить их источник. Поэтому устранение причин загрязнения – является первостепенной задачей, которая требует разработки малоотходных технологий производства. Теперь более подробно разберем мероприятия по снижению вредных выбросов, негативно влияющих на экологическую обстановку на предприятии.

Одним из наиболее важных мероприятий, снижающим загрязнение атмосферного воздуха, является оборудование участка системой вентиляции и очистки воздуха. Определенный воздухообмен необходим для соответствия содержания вредных веществ санитарным нормам.

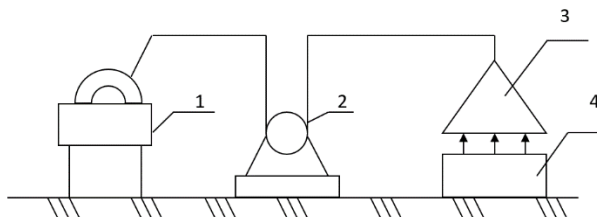


Рис. 1 Схема установки для очистки воздуха:

1 – газопромыватель; 2 – вентилятор; 3 – всасывающий зонд; 4 – источник выброса загрязнений

Принцип действия установки: загрязненный воздух посредством вентилятора 2 попадает в всасывающий зонд 3, затем оседает в газопромывателе 1 и на выходе получается очищенный газ, который снова попадает в атмосферу.

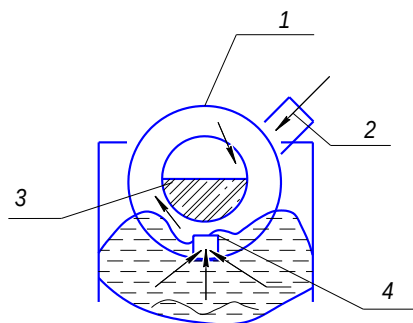


Рис. 2 Схема газопромывателя:

1 – шиня; 2 – патрубок; 3 – втулка; 4 – металлический вкладыш

Принцип действия газопромывателя: через патрубок 2 во внутреннюю полость шини поступает газ, а через втулку 3 проникает жидкость. Далее газовый поток перемешивается с каплями, и получившаяся смесь поступает в верхнюю часть шини.

Одним из наиболее важных мероприятий, снижающим загрязнение водной среды, является оборудование участка системой очистки воды. Для эффективной очистки деталей используют синтетические моющие средства, которые содержат в себе щелочные соли и поверхностно-активные вещества. В результате очистки деталей от различных загрязнений расходуется большое количество воды. Внедрение системы

очистки на предприятие позволит уменьшить расход воды и снизить нагрузку на очистные сооружения.

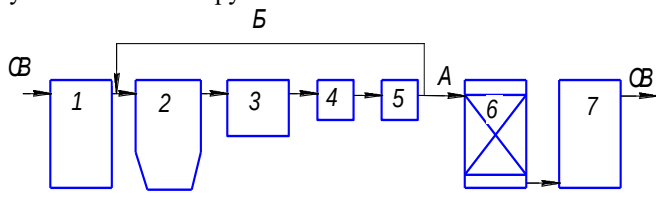


Рис. 3 Схема очистного сооружения:

ОВ – сточная вода; ОВ – очищенная вода; 1 – емкость; 2 – аэрируемый отстойник; 3 – аэротенк; 4,5 – вторичные отстойники; 6 – фильтр; 7 – емкость чистой воды. А – вода на участке; Б – вода в аэрируемый отстойник на рециркуляцию

Принцип действия очистного сооружения: после дополнительной фильтрации большая часть воды собирается в специальной емкости 7, а оставшаяся часть воды возвращается в отстойник 2 и циркулирует через контур всех ступеней очистки.

Перечисленные источники загрязнения могут негативно повлиять на окружающую среду, поэтому необходимо соблюдать все предписанные меры экологической безопасности. Также необходимо оборудовать участки ремонта и восстановления специализированным очистным оборудованием, которое снизит выбросы вредных веществ в окружающую среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ветошкин, А.Г. Основы инженерной экологии: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. – СПб.: Лань, 2021. – 332 с.
2. Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для ремонтно-обслуживающих предприятий и машиностроительных заводов агропромышленного комплекса. – М.: ГОСНИТИ, 1992. – 172 с.
3. Промышленная безопасность киберпроизводства / А. В. Гурьянов, А. В. Шукалов, И. О. Жаринов, О. О. Жаринов. – Санкт-Петербург : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2021. – 80 с. – ISBN 978-5-7422-7335-6. – EDN AMTHKX.

4. Интеллектуальное производство в инновационной экономике Индустрии 4.0 : Учебное пособие / А. В. Гурьянов, А. В. Шукалов, И. О. Жаринов, О.О. Жаринов. – Санкт-Петербург : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2021. – 80 с. – ISBN 978-5-7422-7334-9. – EDN

5. Литвинова, Н. А. Проектирование систем безопасности процессов и производств / Н. А. Литвинова. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2021. – 95 с. – ISBN 978-5-9961-2709-2. –

УДК 621.039.7

Подчасов А.Д., Бездетко Е.О., Половнева Д.О.

***Научный руководитель: Василенко Т.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

МЕТОДЫ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В РОССИИ

Ядерные или радиоактивные отходы (РАО) – останки различных предметов на атомном производстве, облученных радиоактивными изотопами химических элементов. Важно понимать отличие, что отработанное топливо, это не то же самое, что и отходы. Отработанное топливо можно и нужно использовать повторно, оно применяется в реакторах на быстрых нейтронах. Без повторной переработки запас урана и плутония был бы конечным.

Как и обычные отходы, радиоактивные необходимо утилизировать. На данный момент не существует идеального способа борьбы с радиацией, поэтому отходы захоранивают там, где они могут нанести минимальный вред окружающей среде. При работе с РАО руководствуются определенными принципами, описанными ниже:

- обеспечение достаточного уровня защиты здоровья человека. При этом доза радиации для населения не должна превышать 1 мЗв/год [1];

- обеспечение благоприятных и безопасных условий окружающей среды;

- захоронение радиоактивных отходов не должно оказывать негативного воздействия на будущие поколения. Все последствия

должны быть заранее спрогнозированы.

Государство полностью контролирует все, что связано с отходами, создает правовую основу, четко распределяет обязанности и ответственность, а также гарантирует безопасность. Согласно статье 22 Федерального закона «Об использовании атомной энергии» от 21 октября 1995 г., ядерные материалы подлежат государственному учёту и контролю на федеральном и ведомственном уровнях, в системе государственного учёта и контроля ядерных материалов [2].

Для правильной борьбы с радиоактивными отходами сначала необходимо их классифицировать. Согласно классификации, РАО подразделяют на: газообразные, твердые и жидкие отходы, а также на три вида в зависимости от активности радионуклида: низкоактивные, среднеактивные и высокоактивные.

Для разных агрегатных состояний, чтобы попасть в класс высокоактивных отходов, необходимо свое конкретное значение удельной (массовой) активности радиоактивного элемента на один грамм вещества (Бк/г) (табл.1) [3].

Таблица 1 – Удельная (массовая) активность радиоактивного элемента на один грамм вещества (Бк/г)

Категория отходов	Удельная активность			
	Тритий	β -излучающие радионуклиды (исключая тритий)	α -излучающие радионуклиды (исключая трансурано-вые)	Трансурано-ые нуклиды
Твердые отходы				
Очень низкоактивные	До 10^7	До 10^3	До 10^2	До 10^2
Низкоактивные	От 10^7 до 10^8	От 10^3 до 10^4	От 10^2 до 10^3	От 10^1 до 10^2
Среднеактивные	От 10^8 до 10^{11}	От 10^4 до 10^7	От 10^3 до 10^6	От 10^2 до 10^5
Высокоактивные	Более 10^{11}	Более 10^7	Более 10^6	Более 10^5
Жидкие отходы				
Низкоактивные	До 10^4	До 10^3	До 10^2	До 10^1
Среднеактивные	От 10^4 до 10^8	От 10^3 до 10^7	От 10^2 до 10^6	От 10^1 до 10^5
Высокоактивные	Более 10^8	Более 10^7	Более 10^6	Более 10^5

Низкоактивные РАО обычно представляют собой загрязненные предметы: одежду, фильтры, инструменты и прочее оборудование людей, работающих с радиацией. Слабоактивные отходы стараются сконцентрировать различными способами: органические сжигают, жидкие выпаривают, твердые прессуют. После уменьшения объема отхода до минимального значения РАО помещают в специальную емкость и цементируют, затем хоронят на специальном полигоне. Недостаток метода – это увеличение объема отходов и возможная гидратация цемента при малых pH [4].

Помимо цементирования существует второй способ сделать концентрированные отходы переносимыми – битумирование. Битум обладает хорошими свойствами: он дешевый, устойчивый к различным факторам, хорошо гидроизолирует, однако его температура плавления составляет всего 130 °С. Из-за этого такой способ невозможно

применять на высокоактивных отходах, которые могут просто расплавить битум и проникнуть в окружающую среду.

Жидкие и газообразные низкоактивные РАО можно фильтровать и при достаточной очистке выпускать в окружающую среду.

К среднеактивным РАО относятся детали ядерных реакторов, вышедшие из эксплуатации, разнообразные химические осадки, смолы и многие металлические конструкции, впитавшие в себя радиацию. Среднеактивные отходы отличаются от низкоактивных разделением на два вида: короткоживущих и долгоживущих. Короткоживущие захоранивают на уровне поверхности земли. Долгоживущие отходы могут представлять опасность для человека в течение 1000 лет. Такие отходы могут захоронить на глубине до сотни метров. Также среднеактивные отходы выделяются тем, что к ним применяется экранирование (разделение отхода и почвы при помощи специального инженерного барьера). Экранирование обычно используется после снятия загрязненного слоя при высоких остаточных уровнях радиоактивной загрязненности [5].

Высокоактивным РАО является многократно отработанное топливо, которое уже невозможно использовать в производстве. Высокоактивные отходы сложнее всего утилизировать, для них необходима витрификация (остеклование).

Остеклование – это надежный, но и самый дорогой метод. Для высокоактивных отходов применяют метод включения остеклованных отходов в металлическую матрицу. Для этого из стеклянной массы, полученной на основе жидких радиоактивных отходов, получают стеклянные шарики с закрепленными в них радионуклидами, засыпают

их в матрицу вместе с легкоплавким сплавом на основе свинца, затем емкость нагревают, металл расплавляется, и стеклянные шарики закрепляются в металлической матрице [6].

Из описания методов можно сделать вывод о минусах захоронения отходов:

1. В любой момент может произойти повреждении и утечка радиоактивных отходов.

2. Радиоактивные отходы все еще отравляют почву. Например, в результате аварии на АЭС «Фукусима-1» общая площадь земель, подлежащих дезактивации, составляет 13 тыс. км², или 3% всей территории Японии [7].

3. Для захоронения приходится выделять большое количество территории.

4. Процедура может быть очень дорогостоящая.

5. Многие могильники были построены так, что в будущем из них невозможно будет достать отходы, не навредив экологии.

Но, тем не менее, захоронение РАО является лишь вынужденной, далеко не самой эффективной мерой борьбы с радиоактивными отходами. Возможно, в будущем она будет заменена на более эффективные способы, а пока приходится минимизировать вред от радиации всеми возможными способами. Проблема безопасной утилизации отходов и изменения принципов обращения с ними остается актуальны для всего мира [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.6.1.2523-09. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 № 47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09» (вместе с «НРБ-99/2009. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности Санитарные правила и нормативы») // Минюст РФ. – 2009. – № 14534. – 89 с.

2. Ким, Д.Ч. Радиационная экология: учебное пособие для вузов / Д.Ч. Ким, Д.И. Левит, Г.Д. Гаспарян. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 244 с.

3. СП 2.6.1.2612-10. Санитарные правила и нормативы. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26 апреля 2010 г. // Минюст России. – 2010. – № 40. – 77 с.

4. Полуянович, Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт

систем электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие для вузов / Н.К. Полуянович – 9-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – 396 с.

5. Клименти, Н.Ю. Организация аварийно-спасательных работ: учебное пособие / Н.Ю. Клименти, О.С. Власова – Волгоград: ВолгГТУ, 2018 – Часть 2: Организация аварийно-спасательных работ в природных и техногенных условиях. – 2018. – 285 с.

6. Лопанов, А.Н. Избранные разделы безопасности жизнедеятельности: учебное пособие / А.Н. Лопанов, О.Н. Томаровщенко, Е.А. Фанина. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – 364 с.

7. Крот, О.П. Инсинерация радиоактивных материалов зоны отчуждения атомной электростанции / О.П. Крот, В.В. Токаревский, А.И. Ровенский, А.М. Губаренко, И.В. Старостина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – №. 5. – С. 147-150.

8. Го, Ц. Принципы функционально-планировочной организации мусоросжигательных электростанций в Китае / Ц. Го // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – №. 3. – С. 56-65.

УДК 333.38

Поликарпов Д.О.

Научный руководитель: Кузьмин Е. О., асс.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АПСАЙКЛИНГ И РЕСАЙКЛИНГ В СИСТЕМЕ ОБРАЩЕНИЯ С БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ

В современном техническом обществе наблюдается значительный рост экологических проблем, связанных с непрерывным накоплением пластиковых отходов в системе обращения с бытовыми отходами. Высокие темпы производства и широкое потребление изделий из пластика оказывают серьёзное негативное воздействие на окружающую среду, способствуют истощению невозобновляемых природных ресурсов и увеличению объёмов загрязнения. В условиях необходимости перехода к более устойчивым моделям промышленного производства и потребления особое значение приобретают инновационные методы, направленные на переработку и повторное

использование пластиковых материалов. Эти технологии способны значительно снизить экологическую нагрузку и содействовать развитию экономики замкнутого цикла.

Апсайклинг — это процесс творческого повторного использования устаревших или отходов материалов и изделий с целью создания новых продуктов, обладающих повышенной функциональностью или эстетической ценностью. В отличие от традиционной переработки, при которой исходный материал подвергается разрушению и переплавке, апсайклинг сохраняет структурную целостность материала, изменяя лишь его форму и назначение. Такой подход способствует значительному снижению объемов отходов и экономии природных ресурсов за счет продления жизненного цикла изделий. Например, из пластиковых бутылок могут изготавливаться дизайнерские светильники, а из изношенной одежды — стильные аксессуары или элементы интерьера. Апсайклинг объединяет технические и креативные методы, что делает его перспективным направлением в сфере экологически ориентированных технологий и устойчивого развития [2].

Ресайклинг — это процесс переработки пластиковых отходов в первичное сырье для производства новых изделий. Основные этапы ресайклинга включают сбор и сортировку материалов по типу и степени загрязнения, что обеспечивает качество перерабатываемого сырья. Затем пластик проходит стадию очистки от загрязнений, после чего измельчается на мелкие фрагменты. Полученный материал подвергается экструзии — плавлению и формированию в гранулы или хлопья, которые используются для изготовления новых продуктов. В ходе механического ресайклинга качество материала может снижаться, что ограничивает число возможных циклов переработки. В некоторых случаях применяются химические методы переработки для восстановления свойств пластика, однако они требуют более сложного оборудования и больших затрат. Ресайклинг играет важную роль в сокращении объёмов отходов и сохранении ресурсов в рамках устойчивого управления бытовыми отходами [4]. Снижение потребления первичного пластика является одним из главных факторов в борьбе с загрязнением окружающей среды. По данным ООН, ежегодно в мире образуется свыше 400 миллионов тонн пластиковых отходов, при этом около 60% из них оказывается либо на свалках, либо непосредственно загрязняет природные объекты — почвы, реки и океаны. Например, более 8 миллионов тонн пластика ежегодно попадают в Мировой океан, создавая серьезную угрозу для морских экосистем и биоразнообразия. Такое загрязнение приводит к

разрушению сред обитания морских организмов, нарушению пищевых цепочек и негативно влияет на здоровье человека через пищевые продукты [6].

Рост глобального производства пластика продолжается быстрыми темпами, что усугубляет ситуацию и требует внедрения эффективных стратегий сокращения использования первичного пластика и повышения уровня переработки. В условиях стремительного индустриального развития в развивающихся странах проблема увеличения объема инертных отходов становится особенно актуальной, темпы их накопления значительно превышают развитие перерабатывающей инфраструктуры. В данной ситуации методы повторного использования и переработки играют важнейшую роль в достижении устойчивого развития и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Переработка позволяет существенно снизить потребность в первичном пластике, что уменьшает добычу сырья и сокращает выбросы углекислого газа на этапе производства новых материалов. Превращение отходов в повторно используемые ресурсы способствует уменьшению нагрузки на свалки, предотвращает загрязнение почвы и водных экосистем, а также снижает энергопотребление и расход природных ресурсов. В результате такого подхода улучшается экологическая ситуация и повышается эффективность использования ресурсов в целом. Кроме того, ресайклинг поддерживает развитие циклической экономики, формируя рынок вторичных материалов, создаёт новые рабочие места и стимулирует экономический рост регионов. Таким образом, ресайклинг является важным инструментом устойчивого управления отходами и способствует снижению негативного влияния промышленности на окружающую среду [4].

Апсайклинг способствует формированию экологического сознания и помогает сократить использование новых материалов. Особенно важен этот процесс для борьбы с проблемами, возникающими в индустрии быстрой моды, которая ежегодно производит миллионы тонн текстильных отходов. Большая часть таких отходов оказывается на свалках, что создает длительное экологическое бремя, поскольку текстиль разлагается в течение сотен лет, выделяя загрязняющие вещества. Апсайклинг позволяет сокращать количество текстильных отходов, продлевая срок службы материалов и значительно снижая потребление воды, энергии и химических веществ, которые необходимы для производства новой одежды и текстильных изделий. В результате уменьшается нагрузка на природные ресурсы и снижается

углеродный след отрасли. Это снижает негативное воздействие на окружающую среду и способствует созданию более экологических производственных практик [5].

Основные технические и экономические препятствия в развитии апсайклинга и ресайклинга связаны с недостаточно развитой инфраструктурой для раздельного сбора и сортировки пластиковых отходов. На бытовом уровне контейнеры для раздельного сбора часто отсутствуют или имеют неудобное расположение, а маркировка пластиковых материалов бывает непонятной и непоследовательной, что приводит к смешиванию разных видов отходов и ухудшению качества вторичного сырья. Это затрудняет и удорожает последующую переработку. Высокая стоимость химической переработки — один из серьезных экономических барьеров, так как для её реализации требуется дорогостоящее оборудование и большие энергетические затраты, что ограничивает её распространение на региональном уровне. Механические методы переработки, хотя и более доступные, приводят к ухудшению свойств материала с каждым циклом, что ограничивает количество его повторного использования. Кроме того, существует проблема недостаточного рынка для продуктов апсайклинга: изделия из переработанных материалов зачастую имеют более высокую цену и ограниченный спрос, что снижает коммерческую привлекательность таких товаров. Тем не менее, по прогнозам, мировой рынок переработанного пластика будет расти в ближайшие годы, что открывает потенциал для расширения сфер применения переработанных материалов в таких отраслях, как упаковка, строительство, текстиль и автомобилестроение. Совершенствование технологий сортировки, повышения качества вторичного сырья и развитие рынка продукции из переработанных материалов станут ключевыми факторами преодоления текущих ограничений [6].

Перспективы развития системы обращения с бытовыми отходами тесно связаны с внедрением современных технологий автоматизации и искусственного интеллекта в процессы сортировки. Использование нейросетей и робототехнических систем позволяет значительно повысить точность и скорость разделения отходов по видам и подвидам материалов, включая разные типы пластика, бумагу, стекло и металл. Такие интеллектуальные системы способны работать круглосуточно и адаптироваться к изменению состава отходов, обеспечивая стабильное качество вторичного сырья. Современные технологии сортировки, основанные на мультиспектральном анализе и машинном обучении, позволяют разделять материалы с точностью выше 95%, что уменьшает

загрязнение вторичных ресурсов и повышает экономическую эффективность переработки [1].

Внедрение подобных систем сопровождается активной поддержкой со стороны государственных инициатив и программ повышения экологической грамотности, а также развитием инфраструктуры раздельного сбора отходов. Это создает благоприятные условия для масштабного роста, снижая нагрузку на окружающую среду и более рациональное управление отходами. Комплексное развитие технологий, улучшение процессов сбора и сортировки отходов, а также расширение рынка продукции из переработанных материалов создают прочную основу для устойчивого развития и формирования циркулярной экономики будущего.

В этой системе апсайклинг и ресайклинг играют важную роль в управлении пластиковыми отходами, обладая значительным потенциалом для снижения отрицательного воздействия на экологию и поддержки устойчивого развития. Ресайклинг позволяет преобразовывать отходы в исходные материалы, уменьшая потребность в добыче невозобновляемых ресурсов, сокращая выбросы парниковых газов. Но, повторное использование переработанных материалов приводит к ухудшению их качества, для успешного внедрения таких систем необходима развитая инфраструктура для эффективного сбора и сортировки отходов.

Апсайклинг, в свою очередь, предлагает творческий подход, позволяя создать из использованных материалов продукты с повышенной ценностью и функциональностью, что стимулирует экологическую осознанность и сокращает потребление новых ресурсов.

Внедрение современных технологий, включая автоматизированные системы и искусственный интеллект, открывает новые возможности для повышения эффективности сортировки и переработки отходов. Государственные инициативы и программы экологического просвещения создают необходимые условия для расширения применения этих методов. Таким образом, синтез технических инноваций, экономических стимулов и повышения экологического сознания формирует основу для достижения устойчивого управления отходами [3].

Данный подход подчеркивает важность интеграции знаний об этих методах в образовательные программы технических вузов, что позволит подготовить специалистов, способных разрабатывать и внедрять новые экологически эффективные технологии в промышленность. Это способствует решению актуальных экологических проблем и развитию

инновационных направлений экономики с учетом принципов циркулярного использования ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов И.И. Переработка пластиковых отходов: принципы и технологии. – Москва: Техносфера, 2020. – 312 с.
2. Порожнюк, Л. А. Роль экологического аудита в обращении с отходами в Белгородской области / Л. А. Порожнюк, Т. А. Василенко, Е. В. Порожнюк // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 4. – С. 177-180.
3. Сидоров С.С. Технологии сортировки и переработки бытовых отходов. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2021. – 256 с.
4. Рудесс С. Секреты — апсайклинга ресайклинга материалов [Электронный ресурс] // RuDesignShop. – 2025. – URL: <https://rudesignshop.ru> (дата обращения: 28.09.2025).
5. Логинов В.В. Апсайклинг — высшая форма ресайклинга [Электронный ресурс] // Products PCC. – 2025. – URL: <https://www.products.pcc.eu/ru> (дата обращения: 28.09.2025).
6. Тренды РБК. Апсайклинг: что это, история, примеры [Электронный ресурс] // RBC Trends. – 2024. – URL: <https://trends.rbc.ru> (дата обращения: 28.09.2025).

УДК 621.926.34

Попов М.С., Шелудченко Е.И.

***Научный руководитель: Анциферов С.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МЕЛЬНИЦ

Центробежные мельницы — это специализированное промышленное оборудование, которое используется для измельчения материалов [5].

Центробежные мельницы могут быть разных видов, которые отличаются конструкцией и принципом работы. Среди них выделяют центробежно-шаровые, центробежно-ударные и планетарно-центробежные мельницы.

Центробежно-шаровые мельницы необходимы для помола материалов.

Принцип работы: Центробежно-шаровые мельницы действуют по принципу измельчения материала, происходящий за счёт ударов и трения и возникающий при контакте мелющих тел на измельчаемый материал (Рис. 1) [1].

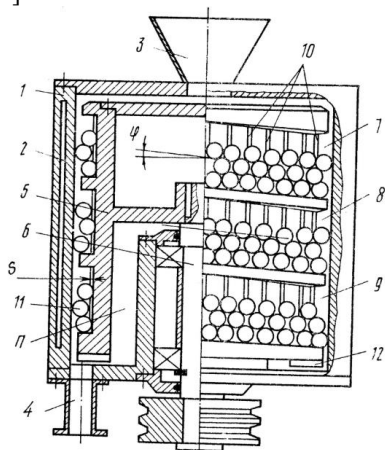


Рис. 1 Схема центробежно-шаровой мельницы:

- 1 – эксцентриковый стакан; 2 – рубашка охлаждения; 3 – питающее устройство; 4 – коническая чаша; 5 – цилиндрический сепаратор; 6 – приводной вал; 7,8,9 – кольцевые пазы; 10 – продольные ребра; 11 – шары; 12 – лопатка

Центробежно-ударные мельницы нужны в дроблении и измельчении хрупких материалов [6].

Принцип работы: Центробежно-ударные мельницы работают по принципу «свободного удара», при котором материал попадает в зону измельчения (Рис. 2) [1].

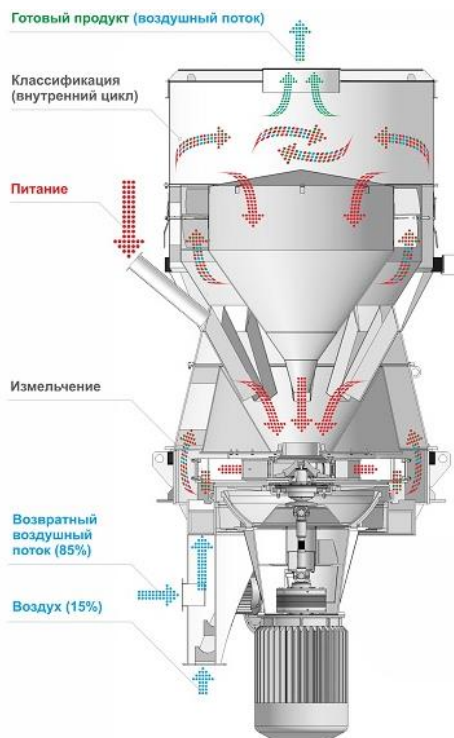


Рис. 2 Схема центробежно-ударной мельницы

Планетарно-центробежные мельницы (планетарные мельницы) — это приборы, предназначенные для тонких и сверхтонких измельчений разных видов материалов.

Принцип работы планетарно-центробежных мельниц является в одновременном вращении трёх или четырёх барабанов относительно центральной оси и вокруг своей собственной оси в противоположную сторону вращения вала мельницы (Рис. 3) [2].

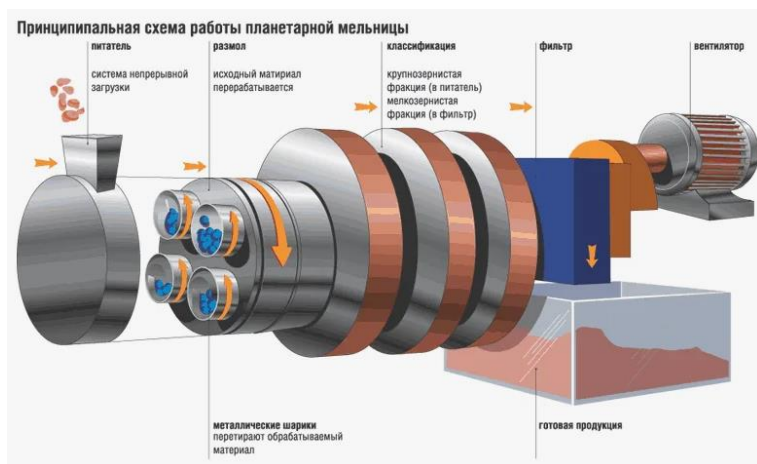


Рис. 3 Схема планетарно-центральной мельницы

Направление совершенствования центробежных мельниц — это комплекс работ, направленных на повышение эффективности работы этих устройств за счёт конструктивных и технологических изменений.

Для определения направлений совершенствования центробежных мельниц нужно провести анализ патентов на данный вид машин. На основе проделанного анализа патентов стоит выделить следующие направления их совершенствования:

Организация рациональных траекторий движения частиц в рабочей камере.

Патент RU2255809C2 описывает центробежно-ударную мельницу в котором боковая поверхность рабочего органа выполнена криволинейной формы, с остроугольной кромкой и с направляющей поверхностью для мелющих тел что позволяет повысить эффективность измельчения [3].

Использование многократных динамических воздействий на разрушаемые частицы.

Патент RU2275244C2 описывает два варианта центробежно-шаровые мельницы, где в первом варианте помольные камеры шарнирами закреплены на коромысле, оснащённом компенсаторами динамических нагрузок, закреплённом на раме, а во втором варианте помольные камеры оснащены компенсаторами динамических нагрузок и шарнирами закреплены на раме. Эта модернизация обеспечивает снижение энергетических затрат и повышает качество измельчения [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 10141-91 Мельницы стержневые и шаровые общие. Технические требования: дата введения 1992-07-01. – Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 21 с.
2. ГОСТ 12367-85 Мельницы трубные помольных агрегатов. Общие технические условия: дата введения 1987-01-01. – Москва: государственный стандарт СССР, 1985. – 18 с.
3. Патент RU 2 255 809, МПК В02С 17/10(2006.01). Способ измельчения и устройство для его осуществления: №2003110930/03: заявл. 2003.04.17: опубл. 2005.07.10 / Шлегель И.Ф. – 23 с.
4. Патент RU 2 275 244 С2, МПК В02С 17/14(2006.01). Способ тонкого измельчения и активации материалов и мельница, реализующая способ (варианты): №2004108251/03: заявл. 2004.03.22: опубл. 2006.04.27 / Уткин А.И., Стрижко Ю.В., Репецкий В.Н., Козачук А.О. – 12 с.
5. И. А. Семикопенко, В. П. Воронов, В. Б. Герасименко, С. В. Вялых, А. А. Жуков. Центробежная мельница с участками дополнительного разгона частиц // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. - Вып. XI. - С. 357-361.
6. Получение активированного минерального порошка в центробежно-ударной мельнице / А. С. Суханов, А. П. Лупанов, А. В. Силкин, Т. Н. Кондратьева. - [Б. м.], 2009 // Строительные материалы. - 2009. - N 11. - С. 12-14. - ISSN 0585-430X.

УДК 616.727.3-089.844

Преснова Е.С., Остапюк С.И., Уткина А.А

***Научный руководитель: Шлёнский А.Г., канд. техн. наук, доц.
Московский авиационный институт (национальный исследовательский
университет), г. Москва, Россия***

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОСЛОЖНЕНИЙ И УЛУЧШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Эндопротезирование локтевого сустава является эффективным методом лечения тяжелых поражений и разрушений сустава, однако

связано с достаточно высокой частотой осложнений. Основными причинами ревизионных операций на имплантатах локтевого сустава являются расшатывание, инфекционные осложнения, переломы и износ компонентов протеза [1]. Статистика показывает, что частота послеоперационных осложнений колеблется от 20% до 37%, при этом инфекционные осложнения встречаются в среднем у 3–5% пациентов [2]. Эти осложнения существенно влияют на функциональные результаты и качество жизни пациентов, что обосновывает важность поиска методов их снижения [3,4].

Аддитивные технологии, или 3D-печать, представляют собой метод послойного формирования изделий посредством специализированных принтеров.

Применение аддитивного производства даёт возможность создавать сложные конструкции эндопротезов, которые максимально адаптированы к анатомическим особенностям конкретного пациента, что часто бывает затруднительно при традиционных способах изготовления [5].

В области эндопротезирования локтевого сустава аддитивные технологии используются для создания индивидуальных компонентов, восстанавливающих анатомическую форму и биомеханические характеристики сустава даже в случаях серьёзных костных дефектов. Это особенно важно при тяжёлых травмах либо после неудачно проведённых операций, когда стандартные протезы не подходят.

Аддитивное производство обеспечивает высокую точность подгонки имплантата и позволяет использовать биосовместимые титановые сплавы и композитные материалы, что способствует улучшению фиксации и остеоинтеграции.

Применение аддитивных технологий при изготовлении эндопротезов локтевого сустава значительно снижает риск возникновения нежелательных осложнений благодаря индивидуальной настройке конструкции и повышенной точности подгонки имплантата. Персонализированные протезы, разработанные с помощью 3D-моделирования на основе КТ-снимков пациента, учитывающие уникальные особенности строения костномозговой полости для установки интрамедуллярных штифтов локтевого сустава, а также изготовленные с применением биосовместимых материалов, таких как Ti-6Al-4V для основной части протеза и хирулен для контактных поверхностей трения.

Титановые сплавы обеспечивают улучшенное прилегание к костным тканям пациента, что снижает микродвижения имплантата и вероятность асептического расшатывания [6,7].

Оптимизация геометрии протеза и адаптация к анатомическим особенностям сустава способствуют равномерной нагрузке и предотвращает избыток давления на окружающие ткани, что снижает риск переломов и повреждений при повседневных нагрузках. Использование современных покрытий с антимикробными свойствами, такие как ионы серебра, чтобы создать защитный барьер для подавления роста микроорганизмов, что в дальнейшем уменьшает вероятность инфекционных осложнений. Также аддитивные технологии позволяют изготавливать протезы с пористой структурой, способствующей лучшей остеоинтеграции и формированию устойчивого костного интерфейса [6].

Кроме того, аддитивные технологии позволяют создавать протезы с уникальными внутренними структурами, которые имитируют амортизационные свойства натурального сустава, тем самым повышая комфорт и подвижность пациента после операции. Персонализированные протезы также облегчают последующую реабилитацию, сокращая время восстановления и улучшая функциональные показатели конечности.

Практические клинические исследования подтверждают эффективность таких подходов: пациенты демонстрируют снижение болевого синдрома, улучшение объема движений в локтевом суставе и снижение числа повторных операций. Это создаёт предпосылки для широкого внедрения аддитивных технологий как стандарта при сложных реконструктивных операциях локтевого сустава.

Аддитивные технологии и 3D-моделирование продолжают активно внедряться в практику эндопротезирования локтевого сустава, демонстрируя обнадеживающие клинические результаты. В настоящее время накоплен ряд успешных случаев применения индивидуальных 3D-печатных эндопротезов, позволяющих восстанавливать функцию сустава даже при значительных костных дефектах, вызванных травмами или осложнениями после предыдущих операций [7]. В одном из клинических случаев пациент с многооскольчатым внутрисуставным переломом локтевой и лучевой костей был оперирован с использованием индивидуального имплантата, изготовленного методом аддитивного производства. Через несколько недель после операции отмечено значительное улучшение подвижности и снижение болевого синдрома, что свидетельствует о высокой эффективности

технологии в сложных клинических ситуациях. Перспективы развития аддитивных технологий связаны с дальнейшим совершенствованием материалов и методов производства. Ожидается, что появление новых биоинертных и биоактивных композитов позволит достигать еще более высокой степени остеointеграции и долговечности имплантатов. Разработка цифровых платформ для предоперационного планирования и симуляции нагрузок на сустав, вкупе с возможностями аддитивного производства, открывает путь к созданию максимально адаптированных к индивидуальным особенностям пациента протезов, что минимизирует риски осложнений [8].

Таким образом, аддитивные технологии формируют основу для перехода от традиционного массового протезирования к персонализированному подходу в медицине, ориентированному на максимальное восстановление функций и улучшение качества жизни пациентов с поражениями локтевого сустава.

Вместе с тем, для полного освоения аддитивных технологий в клинической практике требуется проведение масштабных клинических исследований, а также разработка стандартов производства и контроля качества изделий [5,9].

Внедрение этих инноваций предполагает мультидисциплинарный подход, подразумевающий тесное взаимодействие инженеров, хирургов, биологов и специалистов по реабилитации, что позволит обеспечить комплексное решение задач эндопротезирования с применением аддитивных технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бояров А. А., Амбросенков А. В., Алиев А. Г., Тихилов Р. М., Шубняков И. И. Факторы риска инфекционных осложнений после тотального эндопротезирования локтевого сустава. Вестник хирургии имени И. И. Грекова.

2. Слободской А. Б., Прохоренко В. М. Эндопротезирование локтевого сустава: анализ клинических случаев // Травматология и ортопедия. — 2019. — Т. 32, № 1. — С. 33-40.

3. Барнаул А. В. Осложнения после эндопротезирования крупных суставов: современные данные // Материалы научной конференции по ортопедии. Барнаул, 2023. С. 18-22.

4. Кесян Г.А., Арсеньев И.Г., Уразгильдеев Р.З., Карапетян Г.С., Левин А.Н., Кесян О.Г., Шуйский А.А. Современные тенденции и перспективы тотальной артропластики локтевого сустава (обзор

литературы) // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2021. Т. 28, № 3. С. 75–92.

5. Байба, А. А. Современные возможности применения аддитивных технологий при эндопротезировании / А. А. Байба, К. Ю. Козионова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 19 (518). — С. 357-360.

6. Давыдов Д.В., Брижань Л.К., Керимов АА, Кукушко Е.А. Применение аддитивных технологий при замещении огнестрельных дефектов костей конечностей // Труды научных конференций. 2021. Т. 12. С.

7. Колсанов А.В., Николаенко А.Н., Иванов В.В., Приходько С.А., Платонов П.В. Обзор материалов и технологических методов, применяемых при изготовлении эндопротезов в травматологии и ортопедии. 2017.

8. Петленко И.С., Шубняков И.И., Федюнина С.Ю., Алиев А.Г., Билык С.С., Рябинин М.В. Современное состояние проблемы лечения пациентов с контрактурами локтевого сустава, обусловленными оссификацией. *Гений ортопедии*. 2024.

9. Найм У.А.М., Ермаков Д.Н., Мельников В.М., Казенков О.Ю. Перспективы применения аддитивных технологий в России в отраслевом ракурсе (на примере авиационной промышленности) // *Computational nanotechnology*. 2022.

УДК 62-182

Разиньков Н.В., Никулин В.В.

Научный руководитель: Фадин Ю.М., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ ШАРОВОЙ БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЫ

В условиях активного развития строительной индустрии [2] цементная промышленность остается одной из наиболее технологически развитых и значимых ее отраслей.

Шаровые барабанные мельницы характеризуются рядом эксплуатационных преимуществ и недостатков. К числу ключевых достоинств относятся простота конструкции, высокая степень автоматизации и широкий диапазон регулирования тонкости помола. Благодаря этим качествам данное оборудование сохраняет лидирующие

позиции на рынке. В то же время существенными недостатками являются высокий удельный расход энергии, а также интенсивный износ футеровки и мелющих тел.

При этом ключевой проблемой в данной области остается высокое энергопотребление процесса тонкого измельчения материалов, на который приходится наибольшая доля затрачиваемой электроэнергии. В связи с этим актуальной задачей становится повышение энергоэффективности данного технологического этапа.

Анализ причин низкой энергоэффективности показывает, что они в значительной степени обусловлены конструктивными особенностями применяемого оборудования. Основным аппаратом для тонкого измельчения в цементной промышленности продолжает оставаться шаровая мельница. Стремление к оптимизации ее работы с учетом конструктивных и эксплуатационных ограничений привело к разработке и внедрению различных внутримельничных устройств. К числу таких усовершенствований относятся межкамерные перегородки, выходные решетки, аспирационные системы и разнообразные энергопередающие элементы [1].

В качестве возможного улучшения энергоэффективности шаровой мельницы можно применять различные изобретения [3], снижающие энергоемкость при повышении производительности.

Конструкция шаровой барабанной мельницы с внутренним рециклом представлена на рисунке 1. Основными элементами являются футерованный корпус (1), загрузочная (3) и разгрузочная (4) полые цапфы, расположенные соосно с корпусом. На разгрузочном торце установлена перфорированная решетка (2), которая совместно с коаксиально расположенным усеченным конусом (5) и периферийными лопастями (6) формирует узел внутренней классификации и вывода продукта.

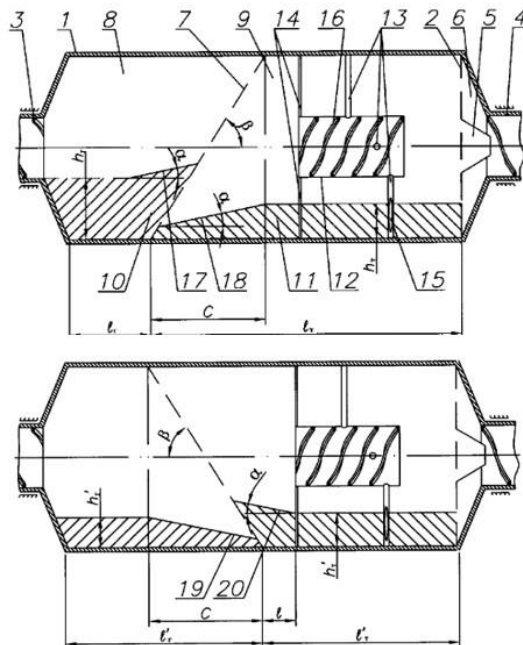


Рис. 1 Шаровая барабанная мельница: 1 – корпус; 2 – разгрузочная решетка; 3, 4 – загрузочная и разгрузочная полые цапфы; 5 – усеченный конус; 6 – лопасти; 7 – наклонная межкамерная перегородка; 8 – 1-я камера; 9 – 2-я камера; 10 – МЛ 1-й камеры; 11 – МЛ 2-й камеры; 12 – труба рецикла; 13 – лифтеры; 14 – крестовины; 15 – отверстия; 16 – шнековое уст-во; 17 – 20 – линии естественного откоса мелющих тел

Корпус 1 мельницы разделен наклонной перегородкой 7 ($30\text{--}50^\circ$ к оси) на две камеры: грубого 8 и тонкого 9 помола. Перегородка выполнена из прутков с щелями 5–10 мм. Обе камеры заполнены мелющими телами 10, 11 с коэффициентом 0,25–0,28.

В камере тонкого помола коаксиально расположена труба 12 рецикла, закрепленная на корпусе с помощью лифтеров 13 и крестовин 14.

Наклонная конфигурация перегородки вызывает осевое возвратно-поступательное движение мелющих тел. Уровень загрузки в камерах, определяемый естественным откосом (линии 17–20), демонстрирует распределение мелющих тел при работе мельницы.

При вращении корпуса мельницы (1) наклонная межкамерная перегородка (7) совершает рабочий ход из положения А в положение Б, захватывая слой мелющих тел (10) и измельчаемого материала длиной С. При скольжении по поверхности перегородки материал подвергается сепарации: крупные фракции транспортируются вдоль оси в сторону загрузочной цапфы (3), в то время как мелкие классы, проходящие через щели, поступают в камеру тонкого помола (9).

Комбинированное поперечно-продольное движение мелющих тел (10, 11) в обеих камерах (8, 9) интенсифицирует процесс измельчения.

В камере тонкого помола часть материала через отверстия (15) в лифтерах (13) поступает в трубу рецикла (12), тогда как остальная масса продвигается к разгрузочной решетке (2) для вывода из мельницы. В полости трубы (12) под действием аспирационного потока осуществляется сепарация: наиболее дисперсные частицы выносятся в основной аспирационный тракт, а более крупная фракция шнековым устройством (16) возвращается через трубу рецикла в камеру тонкого помола (9) для домола.

Таким образом, синергия наклонной перегородки и системы рецикла обеспечивает:

- Интенсификацию осевого транспортирования материала;
- Внутримельничную классификацию продукта;
- Организацию замкнутого цикла помола крупной фракции.

В совокупности это приводит к повышению общей эффективности процесса измельчения, что выражается в увеличении тонкости помола и производительности мельницы при одновременном снижении удельного энергопотребления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В. С. Богданов, С. И. Анциферов, Д. В. Богданов, Ю. М. Фадин. Теоретические основы расчета усовершенствованных конструкций шаровых барабанных мельниц: монография / – Старый Оскол: ТНТ, 2023. – 360 с.: ил.

2. Распоряжение Правительства РФ от 31 октября 2022 г. № 3268-р Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г.

3. Пат. 58949U1 РФ, МПК В 02 С 17/00. Шаровая барабанная мельница с внутренним рециклом / Богданов В.С., Фадин Ю.М., Латышев С.С.; заявитель и патентообладатель Белгородский

УДК 621.9

Рахматулин Д.С., Черданцев П.О.

Научный руководитель: Балашов А.В., канд. техн. наук, доц.

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия*

НАЗНАЧЕНИЕ НОРМЫ РАСХОДА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВАНИИ ОБРАБОТКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Более века назад Ф.У. Тейлор, один из основоположников научного подхода в машиностроении, справедливо заметил, что «вся экономия обработки лежит на острие резца». Действительно, эффективное использование режущего инструмента является важнейшим условием поддержания высокого уровня производительности и качества продукции на промышленных предприятиях. Один из ключевых аспектов управления инструментом – установление обоснованной нормы его расхода. Как правило, она определяется путём статистического анализа стойкости инструмента.

Правильное назначение нормы расхода – залог успеха предприятия. Адекватная норма устанавливает оптимальное соотношение между частотой замены инструмента, объёмом закупок и уровнем запасов, позволяя избежать как чрезмерных расходов на излишне частую смену инструмента, так и расходов, связанных с браком из-за износа или поломки инструмента [1], а также риска перебоев в производстве из-за его отсутствия. Дополнительно важно учитывать зависимость нормы от множества переменных факторов, таких как обрабатываемость материала заготовки, применяемые режимы обработки, концентрация СОЖ, а в отдельных случаях даже температура воздуха в цехе.

Чтобы рассчитать норму расхода, первоначально необходимо собрать достаточный объём статистических данных о стойкости инструмента. Для серийного производства в качестве меры стойкости удобно использовать наработку, то есть количество обработанных до отказа инструмента деталей. Именно такой подход используется на нашем предприятии – Алтайском заводе прецизионных изделий.

При этом следует понимать, что наработка режущего инструмента не является некой константой. Она носит стохастический характер [2] в силу ряда технологических причин, таких как, прежде всего, колебания величины припуска, колебания величины твёрдости поверхностного слоя заготовки, колебания усилия зажима, а также ряда других факторов.

Первичными документами для сбора статистических данных являются журналы замены инструмента (ЖЗИ), которые ведутся у каждого станка с ЧПУ. К сожалению, на текущий момент на предприятии не удалось обеспечить единый подход к ведению таких журналов, поэтому даже на одном участке механической обработки существуют различные формы ЖЗИ (Рис. 1). Однако работа по обеспечению единообразия этих документов активно ведётся.

02.10.25 г. Денисов (7623)

(7630) Т2, фреза Ø12 черновая слай зубьев (97шт.)

(7633) Т14, МТСТ-Е слай, поставил Б/У (10-шт.)
начальная к-д (-0,055).

03.10.25 г. Люшин Р.С.

(7650) Т1, фреза Ø25мм, проверял Эггано (29шт)

(7652) Т13, МТСТ, недержит Нел. корончик -0,06 (360шт)

Дата	Ф.И.О	№ позиции	инструмент	Об-счётчик	Кол-во дет	Причина замены
9.10.25	Кобзев Е.В.	T-69	Фреза Ø20	7711	142	Низко держит, новые талочны
		T-1	Фреза Ø25	7718	31	Зачина, поставил Б.У.
15.10.25	Кобзев	T-14	Полупроц МТСЕ	7735	855	Зачина, новые талочны
		T-1	Фреза Ø25	7735	17	Зачина талочны, поставил Б.У.
		T-69	Фреза Ø20	7735		Зачина не держит фрез. Нел.
16.10.25	Кобзев	T-14	Полупроц МТСЕ	7729	14	Низко, поставил Б.У.
17.10.25	Кобзев	T-10	Коронка 300	7750	345	Зачина не держит, замена
		T-1	Фреза Ø25	7752	12	Зачина талочны, поставил Б.У.
		T-2	Фреза Ø12 черн	7752	122	Зачина талочны, замена
		T-69	Полупроц МТСЕ	7754	13	Зачина талочны, замена
		T-69	Фреза Ø20	7754		Зачина талочны, замена
		T-69	Полупроц МТСЕ	7764		Зачина талочны, замена
		T-1	Фреза Ø25 (серый)	7764		Зачина талочны, замена
20.10.25	Кобзев	T-69	Полупроц МТСЕ	7765		Зачина талочны, замена
21.10.25	Кобзев	T-2	Фреза Ø12	7778	193	Зачина, поставил серую
		T-11	Полупроц	7782	616	Зачина, замена

Рис. 1 Различные формы ЖЗИ, заполняемые операторами рукописным способом: сверху – свободного типа, снизу – табличного типа

Статистика, вносимая в журналы, включает в себя данные о числе обработанных каждым инструментом деталей, которое определяется на основании показания счётчика обработанных деталей, реализованного СЧПУ станка, а также причины замены инструмента (нормальный износ, скалывание зуба, поломка и т.п.). Записи в журнал заносятся с привязкой к датам и сменам, с указанием ФИО оператора, принявшего решение о замене. При обработке на станке партий различных деталей указывается также период, в течение которого обрабатывалась каждая из них. Основная цель этого этапа сбора данных – получение насколько это возможно полных сведений обо всех случаях замены инструмента, включая первичное выявление факторов, повлиявших на необходимость замены.

Безусловно, оператор, делая запись в ЖЗИ, может неверно указать причину замены, ошибиться при записи показаний счётчика или допустить арифметическую ошибку при расчёте наработки. Также неоднократно отмечались случаи, когда оператор забывал внести запись в журнал, из-за чего данные искажались.

Следующим шагом является подготовительный этап обработки данных, включающий выявление и устранение недостоверных записей, сортировку данных по ключевым параметрам, прежде всего сортировку данных по каждому конкретному режущему инструменту. Затем выполняется статистический анализ полученной информации. Особое внимание необходимо уделить выявлению так называемых выбросов – значений наработки, в силу названных выше причин резко отличающихся от остальных, которые могут повлиять на корректность выводов.

Обработку журналов удобно осуществлять с помощью табличного редактора, например Microsoft Excel. Для каждого журнала создаётся отдельная книга, в которой для каждого инструмента формируется отдельный лист, на котором последовательно, строка за строкой, указывается информация о заменах (Рис. 2).

T01		Пластина торцевая VNMG 160404	
Дата	Наименование	Установлен	Обработано
24.04.2025	VNMG 160404	11076	285
13.05.2025	VNMG 160405	11361	388
19.05.2025	VNMG 160406	11549	308
24.05.2025	VNMG 160407	11653	259
27.05.2025	VNMG 160408	11912	258
29.05.2025	VNMG 160409	12170	236
05.06.2025	VNMG 160410	12406	338
28.06.2025	VNMG 160411	12590	248
02.07.2025	VNMG 160412	12838	325
07.07.2025	VNMG 160413	13163	351
24.07.2025	VNMG 160414	13714	406
03.08.2025	VNMG 160415	14160	241
11.08.2025	VNMG 160416	14401	296
01.09.2025	VNMG 160417	14607	39
09.09.2025	VNMG 160418	14706	321
18.09.2025	VNMG 160419	15027	

Рис. 2 Пример заполнения журнала в Microsoft Excel

Количество обработанных деталей рассчитывается автоматически в соответствии с формулами, внесёнными в соответствующие ячейки. Также в книге предусмотрен сводный лист (Рис. 3), на котором агрегируется статистическая информация в виде среднего значения стойкости каждого инструмента, то есть определяется норма расхода режущего инструмента.

	Режущий инструмент		Норма расхода, шт/1000
	Обозначение	Наименование	
T01	LNMU0303ZER-ML OP1315	Пластина (ОКЕ)	28,17
T02	GE4R-D12.0-30x75 PKH105	Фреза Ø12 (CNCM)	6,10
T03	1536SU05-0900 KDG303	Сверло Ø9 (ZCC-CT)	3,29
T04	1534SU03-1250 KDG303	Сверло Ø12,5 (ZCC-CT)	2,76

Рис. 3 Пример сводного листа с нормами расхода

Дополнительно важную роль играют механизмы контроля и корректировки нормы. Поскольку условия эксплуатации инструмента могут меняться, возникает необходимость постоянной ревизии и при необходимости актуализации установленных норм. С этой целью наше предприятие постоянно собирает свежие данные о стойкости режущего инструмента с помощью ЖЗИ и проводит дополнительный анализ, проверяя, насколько актуально текущее значение нормы. Подобные проверки позволяют поддерживать нормы расхода в актуальном состоянии, учитывать изменения внешних факторов, влияющих на стойкость режущего инструмента и избегать возможных потерь, вызванных некорректным для текущих условий назначением нормы расхода.

Таким образом, назначение нормы расхода режущего инструмента на основе статистических данных – важнейший фактор эффективного управления производственными процессами. Качественно организованная работа по сбору, подготовке и анализу данных позволяет назначать адекватную, экономически обоснованную норму расхода, обеспечивая стабильное поддержание высокого уровня производительности и качества продукции. Постоянное наблюдение за динамикой фактической стойкости режущего инструмента позволяет вовремя выявить её отклонения от норматива и максимально быстро устранить причины, сведя к минимуму связанные с этим экономические потери предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пасько, Н. И. Оптимизация планово-предупредительной замены режущего инструмента по данным об износе и наработке / Н. И. Пасько,

А. В. Анцев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 5-2. – С. 257-265.

2. Пасько, Н. И. Непараметрическая оптимизация периода профилактической замены режущего инструмента в режиме статистической адаптации / Н. И. Пасько, А. В. Анцев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 10. – С. 83-91.

УДК 621.9

Рахматулин Д.С.¹, Вагнер С.В.²

Научный руководитель: Балашов А.В., канд. техн. наук, доц.

*¹Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия*

²ООО УК «Алтайский завод прецизионных изделий», г. Барнаул, Россия

ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ

Для предприятий, выпускающих прецизионные изделия, характерным является ужесточение технологических допусков на изготовление деталей с целью стабильного обеспечения требуемых параметров точности и качества обработанных поверхностей. Одним из условий повышения надежности выпускаемой продукции является условие, при котором точность размеров прецизионных деталей не превышает 30% [1] от установленных на них допусков, что обеспечивает снижение затрат при сборке, контроле, регулировке и испытаниях изделий.

Для оценки стабильности обеспечения требуемых параметров точности и качества обработанных поверхностей деталей, оборудование необходимо проверять на технологическую точность.

Под технологической точностью оборудования понимается способность оборудования в оснащем состоянии (станок-приспособление-инструмент-заготовка) обеспечивать в течение определенного периода времени заданную точность изготовления изделий по размерам, форме, расположению и шероховатости поверхностей, установленную конструкторской и (или) технологической документацией.

Периодические проверки оборудования на соответствие требованиям по технологической точности должны проводиться

отделом главного технолога в соответствии с графиком проверки оборудования, согласованным с отделом главного механика.

При проверке оборудования проверяются параметры точности размеров, формы и расположения поверхностей, шероховатости. Нормы технологической точности следует устанавливать по наиболее точной из закрепленных за станком операций. Данные нормы точности не должны являться нижним пределом точности станка, при котором обеспечивается получение с него годной продукции, а должны предусматривать запас точности, соответствующий индексу возможности оборудования [2] ($C_m, C_{mk} \geq 1,33$, при равенстве координаты середины поля рассеяния параметра точности координате середины поля допуска параметра точности. Индекс возможности оборудования позволяет избежать возникновения бракованных изделий в период между двумя плановыми проверками в результате естественного снижения точности станка при его эксплуатации.

Блок-схема последовательности работ по определению индекса возможности оборудования приведена на рисунке 1.

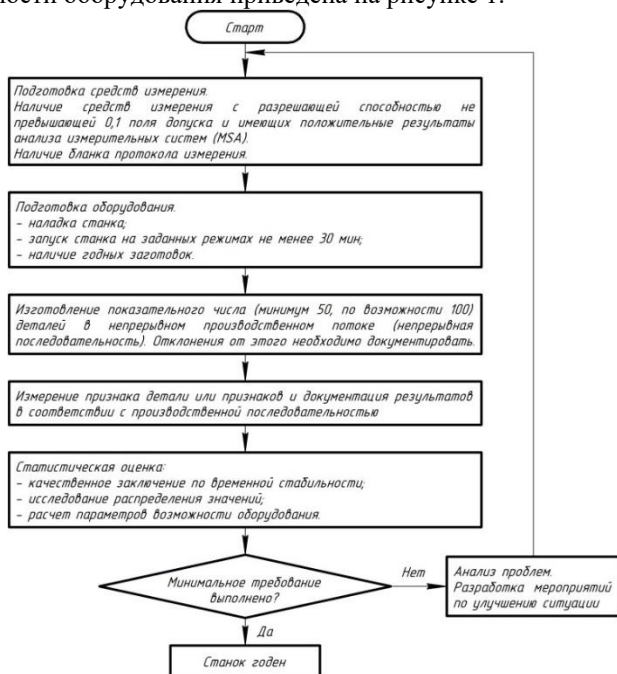


Рис. 1 – Блок-схема действий по определению индекса возможности оборудования

Расчет индексов возможности C_m и C_{mk} выполняется по зависимостям 1, 2 или 3.

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot \sigma}, \quad (1)$$

где $T=ВПЗ-НПЗ$, $ВПЗ$ – верхнее предельное значение допуска измеряемого параметра точности; $НПЗ$ – нижнее предельное значение допуска измеряемого параметра точности;

σ – среднеквадратическое отклонение измеренных значений параметров точности.

$$C_{mk} = \frac{ВПЗ - \bar{X}}{3 \cdot \sigma}, \quad (2)$$

или

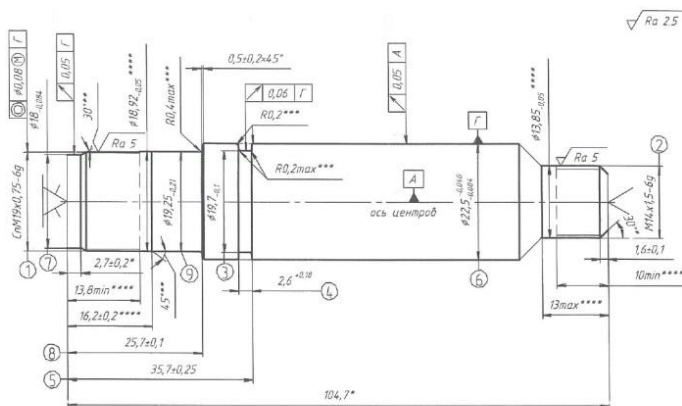
$$C_{mk} = \frac{\bar{X} - НПЗ}{3 \cdot \sigma}, \quad (3)$$

где $\bar{X}$ – среднее значение измеренных значений параметров точности

Примечание – в случае ограничения поля допуска с одной стороны, действительна формула с заданными предельными значениями.

В соответствии с блок схемой действий по определению индекса возможности оборудования проводится оценка технологической точности оборудования.

Например, проведена проверка технологической точности токарного станка с ЧПУ N15S1 840C. На токарном станке производилось обтачивание ступеней, точение канавки, формирование резьбы вала. Заготовка вала устанавливалась по центровым отверстиям на рифлёный передний и задний жесткий центр. Операционный эскиз приведен на рисунке 2.



Обозначение резьбы	Наружный ϕ резьбы, мм	Средний ϕ резьбы, мм	Внутренний ϕ резьбы, мм
M14x1,5-6g	14 ^{+0,032} _{-0,268}	13,026 ^{-0,14} **	12,376*
Сп M19x0,75-6g	19 ^{+0,022} _{-0,260}	18,513 ^{+0,022} _{-0,128} **	18,188max

*-Размер для справок

** -Размер обеспечивается технологически

***-Размер обеспечивается инструментом

****-Размер для наладки

Рис. 2 – Операционный эскиз

Для проверки технологической точности были выбраны два параметра. Диаметральный размер - $\phi 22,5^{+0,040}_{-0,084}$ и радиальное биение - $\leq 0,05$ A. Средства измерения: Скоба СР 25 ГОСТ 11098-75; прибор для контроля биения в центрах ПБ-200, оснащенный индикаторной головкой 1 МИГ-1 ГОСТ 9696-82.

Результаты измерений и расчета возможности оборудования C_m и C_{mk} приведены на рисунках 3 и 4. В связи с тем, что возможности оборудования оказались меньше допустимого значения, были разработаны и реализованы корректирующие мероприятия.

После выполнения корректирующих мероприятий (наладки станка в середину поля допуска диаметрального размера, оснащения станка новым задним центром) проведена повторная оценка технологической точности токарного станка с ЧПУ N15S1 840C.

По результатам повторного замера параметров точности получены значения индексов возможностей оборудования C_m и C_{mk} более 1,33.

Нормы технологической точности									
Допускаемая Cт,Cmk≥					Фактическая Cт			Фактическая Cmk	
1,33					1,403409439			0,959421726	
Контролируемый параметр: Ø22,5 -0,04 / -0,084									
Средства измерения: CP 0-25 разреш.способн. : 0,001									
Результаты измерения:									
1	22,444	11	22,452	21	22,442	31	22,45	41	22,444
2	22,43	12	22,442	22	22,448	32	22,448	42	22,442
3	22,436	13	22,442	23	22,452	33	22,446	43	22,446
4	22,436	14	22,446	24	22,452	34	22,446	44	22,452
5	22,444	15	22,444	25	22,448	35	22,444	45	22,45
6	22,444	16	22,446	26	22,452	36	22,44	46	22,446
7	22,448	17	22,444	27	22,452	37	22,436	47	22,444
8	22,43	18	22,446	28	22,452	38	22,44	48	22,442
9	22,442	19	22,45	29	22,448	39	22,444	49	22,442
10	22,444	20	22,446	30	22,446	40	22,452	50	22,446
ВПЗ – верхнее предельное значение допуска=				22,46	Верхнее значение выборки				22,452
НПЗ – нижнее предельное значение допуска=				22,416	Нижнее значение выборки				22,43
№ п/п	Корректирующие мероприятия				Ответственный		Срок выполнения	Отчет о выполнении	
1	Произвести наладку в середину поля допуска						Постоянно	выполнено	
2	Произвести повторные замеры						После наладки	выполнено	

Рис. 3 – Результаты проверки станка на технологическую точность и корректирующие мероприятия по параметру точности: $\varnothing 22,5_{-0,04}^{+0,040}$

Нормы технологической точности									
Допускаемая Cm,Cmk≥					Фактическая Cm			Фактическая Cmk	
1,33								0.26026866	
Контролируемый параметр: Биеение отн Ø22,5 ; ∕ 0,05									
Средства измерения: ПБМ 200; 1МИГ ГОСТ 9696-86 разреш.способн. : 0,001									
Результаты измерения:									
1	0,038	11	0,036	21	0,044	31	0,046	41	0,052
2	0,052	12	0,042	22	0,022	32	0,042	42	0,046
3	0,036	13	0,048	23	0,044	33	0,034	43	0,026
4	0,026	14	0,064	24	0,044	34	0,036	44	0,056
5	0,036	15	0,062	25	0,056	35	0,056	45	0,028
6	0,062	16	0,038	26	0,04	36	0,022	46	0,038
7	0,04	17	0,016	27	0,028	37	0,052	47	0,044
8	0,024	18	0,028	28	0,056	38	0,014	48	0,036
9	0,042	19	0,048	29	0,058	39	0,014	49	0,034
10	0,026	20	0,05	30	0,016	40	0,046	50	0,046
ВПЗ – верхнее предельное значение допуска=				0,05	Верхнее значение выборки				0,064
НПЗ – нижнее предельное значение допуска=					Нижнее значение выборки				0,014
№ п/п	Корректирующие мероприятия				Ответственный		Срок выполнения		Отчет о выполнении
1	Произвести замеры биеения на поводковом центре, произвести замеры биеения на поджимном центре, произвести обкатку детали после обработки (на станке)						Апрель 2024		Заказ № 1841-24 Центр задний
2	Замерить биеение у центров по контрольной оправке (зафиксировать данные)						Апрель 2024		
3	Произвести контрольные замеры повторно						Май 2024		

Рис. 4 – Результаты проверки станка на технологическую точность и корректирующие мероприятия по параметру точности: $\leq 0,05$ А

Таким образом проверка оборудования на технологическую точность путем расчета индексов возможности (C_m и C_{mk}) доказала свою эффективность в своевременном выявлении проблем и предотвращении производства бракованных изделий. Предложенная методика позволила оценить реальный уровень точности оборудования, разработать необходимые корректирующие мероприятия и значительно снизить производственные риски, повысив надежность и качество выпускаемой продукции. Регулярное использование таких процедур обеспечит стабильность производственного процесса и сокращение издержек.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сухинин, В. Б. Способы и условия обеспечения точности технологического оборудования / В. Б. Сухинин. – Текст: непосредственный // Омский научный вестник. – 2010. – № 2. – С. 55-56.
2. Перетягина, Е. А., Феклистова, Л. А. 100%-ный контроль качества продукции: плюсы и минусы / Е. А. Перетягина, Л. А. Феклистова. – Текст: непосредственный // Литье и металлургия. – 2009. – № 2. – С. 192-197.

УДК 006.1

Репенецкий П.А.

*Научный руководитель: Луценко О. В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РОЛЬ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ПОВЫШЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ (НА БАЗЕ СТАНДАРТА ИЕС 61508)

Стандартизацией называется деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг. Одной из главных задач стандартизации является обеспечение единства и достоверности измерений в стране, создание и совершенствование государственных эталонов единиц физических величин [1]. Благодаря стандартизации

повышается защита объектов от негативных природных и техногенных факторов, увеличивается ресурсосбережение. С развитием экономических связей между людьми и государствами все больше возрастала необходимость в упорядочивании многообразия схожих объектов. Так, еще в Древнем мире при строительстве знаменитых Египетских пирамид использовались камни стандартных размеров. В 19 веке внедрение стандартов в промышленности и торговле стало необходимым условием индустриализации, требовавшей унифицированных станков и деталей. В 20 веке с развитием транснациональных компаний стандартизация начала осуществляться в международном масштабе. Постоянное расширение международного товарообмена и необходимость более тесного сотрудничества в области науки и техники привели к образованию международной организации по стандартизации (ИСО) [6]. В современности стандартизация стала неотъемлемым элементом функционирования экономики, обеспечивая взаимозаменяемость и безопасность услуг и продукции.

В сфере автоматизации стандартизация также играет немаловажную роль. При помощи стандартизации повышается точность расчетов и ведения записей, сокращаются ошибки за счет устранения повторяющихся задач и, тем самым, обеспечивается слаженная работа технологического оборудования [2]. Все это достигается через разработку стандартов в различных областях: нормативной базе, технологиях, управлении и безопасности. Повышение безопасности систем автоматизации является приоритетной задачей стандартизации в данной сфере.

В 1998 и 2000 годах Международная электротехническая комиссия (IEC) опубликовала семь частей первого издания стандарта IEC 61508 [5]. В 2010 году вышло второе издание данного стандарта. Документ предназначен для решения вопросов функциональной безопасности в электрических и электронных системах. Основными целями данного стандарта являются обеспечение снижения риска за счет надежных функций безопасности и установление измеримых требований к функциональной безопасности. В основе IEC 61508 лежит модель жизненного цикла, который делится на три основные фазы: фаза анализа, фаза реализации, фаза эксплуатации и обслуживания. Фаза анализа включает в себя спецификацию функций безопасности, определение уровня полноты безопасности (SIL) и анализ опасностей и рисков. Фаза реализации рассматривает проверку требований функциональной безопасности и разработку системы [3]. Фаза эксплуатации и обслуживания включает в себя оценку риска,

мониторинг, обслуживание и вывод из эксплуатации по окончании срока службы.

Существует 4 уровня полноты безопасности (SIL). Чем выше уровень безопасности, тем более критична функция безопасности. Рассмотрим данные уровни подробнее.

Уровень безопасности 1 (SIL 1) – самый низкий уровень безопасности, который используется для систем с минимальными требованиями безопасности. В промышленности данный уровень применяется, например, в системах безопасности для отключения процесса при отклонениях от нормы.

Уровень безопасности 2 (SIL 2) – средний уровень безопасности, использующийся в системах, где отказы могут приводить к серьезным последствиям. Примером его использования может быть остановка механизмов при отказе или перегреве датчиков.

Уровень безопасности 3 (SIL 3) – высокий уровень безопасности, применяемый к системам, отказы которых могут привести к серьезным авариям или травмам. Может использоваться, например, в системе защиты от превышения давления в химическом реакторе.

Уровень безопасности 4 (SIL 4) – самый высокий уровень безопасности, использующийся для критически важных объектов, где отказы могут привести к катастрофическим последствиям. Широко используется в атомной энергетике, оборонной и аэрокосмической промышленности.

Кроме того, данные уровни безопасности различаются по требуемой надежности, вероятности ошибки при выполнении заданной задачи и фактору снижения риска (Рис. 1).

SIL	Требуемая надежность	Вероятность ошибки при выполнении заданной задачи (PFD)	Фактор снижения риска (RRF)
"SIL 4"	> 99.99 %	$\geq E-005 \dots < E-004$	100 000... 10 000
"SIL 3"	99.90 %	$\geq E-004 \dots < E-003$	10 000... 1 000
"SIL 2"	99.00 – 99.90 %	$\geq E-003 \dots < E-002$	1 000... 100
"SIL 1"	90.00 – 99.00 %	$\geq E-002 \dots < E-001$	100... 10

Рис. 1. Отличия уровней безопасности SIL по различным критериям

Для правильного определения уровня полноты безопасности, необходимо провести анализ опасностей, используя следующие методы: анализ уровня защиты, графики риска, анализ дерева

неисправностей и исследование опасности и работоспособности [4]. Точное определение уровня безопасности (SIL) имеет решающее значение для получения сертификата IEC 61508 и обеспечения соответствия системы требованиям безопасности на протяжении всего жизненного цикла.

Стоит отметить, что у стандарта IEC 61508 имеется ряд преимуществ. Производители, имеющие сертификат на данный стандарт, получают конкурентное преимущество, так как IEC 61508 способствует укреплению доверия клиентов и регулирующих органов. Кроме того, наличие сертификата на IEC 61508 является показателем инженерного совершенства предприятия в области функциональной безопасности. Для производителей, активно внедряющих автоматизацию в свои предприятия, данный стандарт помогает выявлять и минимизировать опасности в электронных системах, что позволяет решать вопросы функциональной безопасности. Для создания надежной системы функциональной безопасности необходимо сочетание качественных требований стандарта IEC 61508, направленных на сокращение систематических отказов с помощью передовой практики и количественных требований того же стандарта, являющихся числовыми показателями целостности безопасности [7].

Таким образом, применение стандартизации очень важно в повышении безопасности систем автоматизации. Действительно, ведь стандартизация позволяет снизить риск несоответствий за счет гарантии одинакового выполнения задач на всем предприятии. Это позволяет как улучшить производительность, так и быстро выявлять и устранять любые возникающие проблемы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданов Д.В., Путилов В.А., Фильчаков В.В. Стандартизация процессов обеспечения качества программного обеспечения- Аппатиты, КФ ПетрГУ, 1998 г. - 152 с.
2. О.В. Луценко, В. Г. Рубанов, И. А. Рыбин, А. Г. Бажанов [и др.]. Теория проектирования бортовых систем управления мобильными роботами, обладающих свойством живучести: монография — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 211 с.
3. Еськина, Е. В. Стандартизация: учебное пособие / Е. В. Еськина, Д. В. Антипов. — Самара: Издательство Самарского университета, 2021. — 100 с.: ил.
4. Тартаковский Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические

средства измерений: Учеб. для вузов / Д. Ф. Тартаковский; Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. - М.: Высш. шк., 2002. – 205 с.

5. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 711 с.

6. Сергеев А.Г., Латышев М.В. Сертификация: Учеб. пособие для вузов. – М.: Логос, 2000. – 248 с.

7. Аристов, А.И. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / А.И. Аристов, Л.И. Карпов, В.М. Приходько. - М.: ИЦ Академия, 2013. - 416 с.

УДК 622.691.4

Романов Ф.А., Руколеев А.В.

*Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного
технического университета им. И.И. Ползунова, г. Бийск, Россия*

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ: ИННОВАЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Городская система газоснабжения представляет собой комплекс взаимосвязанных инженерных сооружений, технических устройств и трубопроводов, предназначенных для обеспечения подачи и распределения газа между промышленными, коммунальными и бытовыми потребителями в соответствии с их потребностями. Такие факторы, как интенсивная урбанизация, рост плотности населения и уплотнение застройки, в условиях старения существующей инфраструктуры, привели к обострению традиционных и возникновению новых проблем, которые нуждаются в современных и эффективных методах решения. Обеспечение бесперебойной и безопасной подачи газа превратилась в крайне сложную инженерно-управленческую задачу, от которой во многом зависят миллионы человеческих жизней и стабильность городского хозяйства.[1]

Одной из проблем в области газоснабжения является физический и моральный износ газовой инфраструктуры. Стальные трубы, хоть и считаются надёжными и эффективными, не лишены существенных недостатков. В качестве альтернативы стали начали появляться полиэтиленовые трубы для газопроводов. Их достоинства позволяют экономить деньги при строительстве, а также облегчить труд при эксплуатации, но их недостатки не позволяют использовать полиэтилен

так универсально и повсеместно как сталь. Но в подземном исполнении, для низкого и среднего давления, полиэтиленовые трубопроводы весьма актуальны.[2]

На рисунке 1 представлены преимущества и недостатки стальных и полиэтиленовых трубопроводов.

Ещё одной проблемой является повреждение газопроводов из-за интенсивного городского строительства и несанкционированных, нескоординированных земляных работ. Для решения данной проблемы необходимо массово вводить умные, телеметрические системы, автоматизированные системы контроля утечек газа и геоинформационные системы [3]. Датчики давления, расхода и загазованности в режиме реального времени передают данные в диспетчерские центры, позволяя уследить за изменениями и отреагировать на них в реальном времени. Использование геоинформационных систем позволит создавать «цифровых двойников» газораспределительных сетей, что поможет в планировании ремонтных работ, моделировании аварийных ситуаций, для их проработки, и в координировании работ с другими городскими службами.[4]

Стальные трубы

- **преимущества:** цена, прочность, низкое температурное расширение, возможность точечного ремонта
- **недостатки:** вес, сложность монтажа, шум, коррозия, срок службы

Полиэтиленовые трубы

- **преимущества:** вес, легкий монтаж, долговечность, морозостойкость, отсутствие склонности к отложениям
- **недостатки:** ограничения по горючести, цена, невозможность точечного ремонта

Рис. 1 – Недостатки и преимущества стальных и полиэтиленовых трубопроводов

Ввиду высокой плотности населения в городах, аварии на газопроводах могут приводить к серьёзным последствиям.

Ограниченный физический и информационный доступ для аварийных бригад, близость зданий друг к другу и большое количество людей в эпицентре потенциальной аварии многократно увеличивают тяжесть последствий. Прокладка и диагностика уже существующих подземных коммуникаций, в условиях постоянно трансформирующейся городской среды – дорогостоящая и технологически сложная задача. Традиционные методы обследования требуют вскрытия грунта, что парализует движение и нарушает городскую инфраструктуру.[5] Для того, чтобы решить данную проблему, была введена система «одного окна». Она позволяет максимально упростить и ускорить для частных и юридических лиц подключение к газораспределительным сетям. Данная система работает как общий сервис-центр для всех вопросов по газификации, согласует графики работ, проверяет наличие и полноту пакета документов, включая схему расположения всех подземных коммуникаций в зоне работ. Необходимо проведение исполнительной съёмки перед проведением работ, также подрядчик обязан точно промаркировать трассу газопровода на местности при помощи специальных трассоискателей. Также необходим переход от ремонта «по факту аварии» к проактивной стратегии, которая поможет заниматься превентивным ремонтом, на основе данных прогнозной аналитики, что поможет в предотвращении возможных кризисов, и поможет максимально эффективно строить график проведения ремонтных работ на различных участках.

Таким образом, обеспечение надёжности и безопасности систем газоснабжения в условиях растущей и постоянной урбанизации – это динамический процесс, который не имеет простых и быстрых решений. Успех зависит от комплексности и постоянности подхода к решению всех проблем. Необходима масштабная инвестиционная программа по замене изношенных сетей, повсеместное внедрение цифровых технологий и умных систем, ужесточение контроля и координации строительной деятельности, а также непрерывный анализ происходящего в области газовой промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенов, А. Г., Сметанкина, Г. И., Дорохова О. В. Городские системы газоснабжения // Мировая наука. 2018. №11 (20).– URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 21.10.2025)
2. Мухаметшина, Я. К., Назипова, Л. Ф., Чурилов, А. Н., Свалов, М. В. Сравнение видов трубопроводов для систем газоснабжения // E-Scio.

2021. №12 (63). – URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 21.10.2025)

3. Конохов, А. В. Технологии мониторинга и анализа данных в системах телеметрии газопроводов // *Universum: технические науки*. 2024. №9 (126).– URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 21.10.2025)

4. Белоглазова, Т. Н., Романова, Т. Н. Эффективное внедрение цифровых технологий в сфере газоснабжения // *Проблемы региональной энергетики*. 2022. №1 (53).– URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 21.10.2025)

5. Герасимов, Н. А., Мурзабулатов, Б. С. Геодезические работы при строительстве газопровода // *Вестник науки*. 2025. №6 (87). – URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 21.10.2025)

6. Коровкина, А. И., Гасанов, З. С., Долбилова, М. А. Применение цифровых технологий в области газоснабжения // *Вестник науки*. 2023. №10 (67).– URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 21.10.2025)

7. Еремин, Н. А., Столяров, В. Е., Сафарова, Е. А. , Гавриленко, С. И. Цифровые системы управления транспортом газа // *Известия ТулГУ. Науки о Земле*. 2022. №2. – URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 21.10.2025)

УДК 625.7

Рулев Д.А., Потапов Д.Ю.

***Научный руководитель: Маркова И.Ю., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И САНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХРИЗОТИЛА В ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ: СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД

Актуальность настоящего анализа обусловлена необходимостью научно обоснованной оценки экологических и санитарных рисков, связанных с применением хризотила в дорожном строительстве. В данной статье рассматривается, насколько обоснованы эти риски в контексте современных технологий дорожного строительства. Целью работы является систематизация существующих данных по нормативному регулированию, сравнительный анализ международного опыта, а также критическая оценка рисков, связанных с эксплуатацией и утилизацией хризотилсодержащих дорожных материалов.

Хризотил, или белый асбест – наиболее распространённая разновидность асбеста, относящаяся к серпентиновой группе минералов. На протяжении десятилетий хризотил используется в строительной индустрии благодаря своим уникальным физико-механическим и эксплуатационным характеристикам: высокой прочности на растяжение, термостойкости, химической инертности и способности армировать цементные и битумные матрицы. В дорожном строительстве хризотил традиционно применялся в составе асбестоцементных изделий, а также в качестве модификатора битумных вяжущих для повышения устойчивости покрытий к трещинообразованию, деформациям и воздействию внешних климатических факторов [1]. Однако с середины XX века, по мере накопления эпидемиологических данных о связи вдыхания асбестовых волокон с развитием серьёзных заболеваний дыхательной системы, включая асбестоз, мезотелиому и рак лёгких, использование асбеста, в том числе хризотила, стало предметом острой научной, регуляторной и общественной дискуссии [2]. Несмотря на технические преимущества хризотила, его применение в инфраструктуре остаётся спорным из-за потенциальных рисков для здоровья и окружающей среды, особенно при нарушении технологий производства, эксплуатации или утилизации.

Важно подчеркнуть, что хризотил обладает меньшей биоперсистентностью по сравнению с амфиболовыми разновидностями асбеста (такими как кроидолит или амозит), его потенциальная опасность при определённых условиях эксплуатации и утилизации остаётся предметом дискуссий в научном сообществе. Биоперсистентность – способность волокон сохраняться в лёгочной ткани без значительного разрушения. В отличие от амфиболов, хризотил быстрее растворяется в кислой среде макрофагов, что снижает, но не исключает его патогенный потенциал [3]. На сегодняшний день более 60 стран, включая большинство государств Европейского союза, Канаду, Австралию и Японию, полностью запретили использование всех форм асбеста, включая хризотил. Однако Россия, Индия, Казахстан и некоторые страны Латинской Америки продолжают применять его в строительных материалах, в том числе в дорожной инфраструктуре, при условии соблюдения строгих санитарно-гигиенических и технологических норм. Такой раскол в регуляторной практике отражает не только различия в интерпретации научных данных, но и влияние экономических, промышленных и

геополитических факторов, включая зависимость некоторых стран от асбестодобывающей промышленности.

В контексте дорожного строительства эта дискуссия приобретает особую актуальность. Хризотил может вносить вклад в ресурсосбережение и повышение эксплуатационных характеристик объектов инфраструктуры, однако насколько обоснованы риски, связанные с использованием хризотилсодержащих материалов в асфальтобетонных и цементобетонных покрытиях, особенно в условиях их длительной эксплуатации, износа под воздействием транспортных нагрузок и климатических колебаний, а также последующей утилизации или рекультивации [4]. Хризотил применяется исключительно в инкапсулированной форме в виде тонкоизмельчённых волокон, равномерно распределённых в плотной битумной или цементной матрице. Ключевым аспектом оценки безопасности является степень высвобождения волокон хризотила в окружающую среду на всех этапах жизненного цикла дорожного полотна: от производства и укладки до демонтажа и переработки. Современные исследования указывают на то, что при надлежащей технологии производства и укладки, а также при соблюдении требований к герметизации и стабилизации матрицы, риск выделения свободных волокон в атмосферу в процессе эксплуатации может быть сведён к минимальному уровню [5]. Тем не менее, при механическом разрушении покрытия, например, при фрезеровании, дроблении или аварийных ситуациях, возможна локальная мобилизация волокон, что требует применения специализированных мер контроля и защиты. При фрезеровании асфальтобетона с хризотилом образуются мелкодисперсные частицы, которые могут содержать свободные волокна. Современные технологии переработки (например, термическая стабилизация или связывание полимерами) позволяют снизить этот риск, но требуют дополнительных затрат и регулирования.

Санитарно-эпидемиологическая оценка также должна учитывать особенности профессионального воздействия на рабочих, участвующих в производстве, укладке и демонтаже хризотилсодержащих материалов, а также потенциальное хроническое воздействие на население, проживающее вблизи дорог. При этом важно различать формы воздействия: в отличие от исторически сложившихся случаев профессионального заболевания у работников асбестодобывающей и асбестоцементной промышленности, где имело место интенсивное и длительное вдыхание свободных волокон, современные дорожные технологии предполагают включение хризотила в плотную, связующую

матрицу, что значительно снижает его биодоступность. Однако отсутствие долгосрочных эпидемиологических исследований, специфически ориентированных на применения хризотила в дорожном строительстве, создаёт определённый дефицит доказательной базы для однозначных выводов. В качестве альтернативы всё чаще рассматриваются синтетические (полипропиленовые) и минеральные (базальтовые) волокна, которые обеспечивают сопоставимые армирующие свойства без токсикологических рисков [6].

Регуляторная среда в этой области продолжает эволюционировать. Международные организации, такие как Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Международное агентство по изучению рака (IARC), классифицируют все формы асбеста, включая хризотил, как канцерогенные для человека (группа 1) [7]. В то же время некоторые национальные органы (например, в России и Индии), а также отдельные промышленные исследования утверждают, что при строгом контроле условий применения и соблюдении предельно допустимых концентраций (ПДК) хризотил может использоваться с приемлемым уровнем риска [8]. Однако международные органы здравоохранения, включая ВОЗ и IARC, не поддерживают концепцию «контролируемого использования» для канцерогенов группы 1. Такой подход, получивший название «контролируемое использование», противопоставляется политике полного запрета и вызывает споры как в научной, так и в правовой сферах. Однако ВОЗ и ряд независимых исследований указывают, что на практике обеспечить полный контроль над жизненным циклом хризотилсодержащих материалов особенно на этапах демонтажа, утилизации и в условиях стихийных бедствий крайне сложно. Даже при соблюдении норм на производстве, в реальных условиях эксплуатации (например, при износе дорожного покрытия, пожарах или землетрясениях) возможна непредсказуемая мобилизация волокон.

В России, обладающей крупнейшими в мире запасами хризотила и значительными производственными мощностями по его переработке, действует комплексная нормативно-правовая база, регулирующая применение асбеста. В частности, СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» устанавливает ПДК хризотила в воздухе рабочей зоны – 0,06 волокон/см³ [9]. При этом отдельные технические условия и отраслевые рекомендации допускают использование хризотила в дорожных материалах при условии соответствия требованиям безопасности и подтверждения стабильности

связывания волокон в матрице. На практике, однако, контроль за соблюдением этих требований при демонтаже старых покрытий или аварийных работах часто оказывается недостаточным, что создаёт риски для персонала и окружающей среды. Тем не менее, отсутствие единых международных стандартов и расхождения в подходах к оценке рисков затрудняют гармонизацию национальной политики с глобальными тенденциями в области охраны здоровья и окружающей среды.

Таким образом, при соблюдении строгих технологических и санитарных норм, включая полную связку волокон в плотной битумной или цементной матрице, контроль на всех этапах жизненного цикла и использование специализированных методов при демонтаже риск высвобождения биодоступных волокон оказывается минимальным и не превышает фоновых уровней. В то же время развитие безопасных альтернатив (базальтовых, полипропиленовых волокон) создаёт основу для постепенного, но целенаправленного отказа от хризотила в будущем. Однако в странах с развитой асбестодобывающей промышленностью контролируемое использование хризотила в дорожной инфраструктуре может рассматриваться как допустимый компромисс между технической эффективностью, экономической целесообразностью и охраной здоровья, при условии неукоснительного соблюдения принципа «нулевого высвобождения».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дорожные асфальтополимерсеробетоны структурированные хризотил-асбестовыми волокнами / В.И. Братчун, О.А. Пшеничных, Е.А. Ромасюк [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. – 2024. – № 1(42). – С. 68-80.
2. Klima Marcella. Etiol Cancer Man. Neoplastic psogressioniuducel by asbestos {mesothelioma} // Derdrehtetc. – 1989. – P. 168–179.
3. Современный взгляд на проблему профессиональных заболеваний легких от воздействия хризотил асбеста / Ш.С. Койгельдинова, С.А. Ибраев, Г.О. Жузбаева, А.К. Касымова // Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География. – 2015. – Т. 79, № 3. – С. 122-131.
4. Дорожные асфальтополимерсеробетоны структурированные хризотил-асбестовыми волокнами / В.И. Братчун, О.А. Пшеничных, Е.А. Ромасюк [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. – 2024. – № 1(42). – С. 68-80.

5. Цхомария, И.М. Оценка возможности загрязнения воздуха волокнами асбеста при эксплуатации дорожных покрытий, содержащих стабилизирующие асбестосодержащие добавки / И.М. Цхомария, Е.В. Ковалевский // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 2. – С. 146-152.

6. Ядыкина, В.В. Повышение устойчивости к колееобразованию покрытий автомобильных дорог при применении модифицированных компонентов в составе щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей / В.В. Ядыкина, А.Е. Акимов, С.С. Тоболенко // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2019. – № 1(53). – С. 56-63.

7. IARC Special Report: Policy A review of human carcinogens – Part C: metals, arsenic, dusts and fibres. Lyon, France; 2009. March.

8. Яргин, С.В. Антиасбестовая кампания и здравый смысл / С.В. Яргин // Молодой ученый. – 2013. – № 9. – С. 490-495.

9. СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

УДК 343.346:004

Румянцева К.О., Семькина А.С., Орлов Л.В.

Научный руководитель: Загородний Н.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

РОЛЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ФОТО- И ВИДЕОФИКСАЦИИ НАРУШЕНИЙ ПДД, ВЛИЯЮЩИХ НА СНИЖЕНИЕ АВАРИЙНОСТИ

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) представляют собой одну из самых серьезных глобальных угроз, ежегодно уносящих миллионы жизней людей и наносящих огромный ущерб экономике страны. В подавляющем большинстве случаев, как свидетельствуют различные исследования, ДТП (до 90%) происходят по причине человеческого фактора, то есть из-за нарушений правил дорожного движения. К таким нарушениям относятся

- превышение скорости;
- проезд на красный свет светофора;
- игнорирование дорожных знаков и разметки и др.

В стремлении противостоять этим нарушениям учеными разрабатываются и внедряются современные и передовые решения, направленные на повышение безопасности дорожного движения. Среди

наиболее эффективных методов широкое распространение получили системы автоматической фото- и видеофиксации правонарушений, направленные на отслеживание и фиксацию этих нарушений.

Системы автоматической фото- и видеофиксации правонарушений были введены уже давно и большое распространение имеют и по сегодняшний день. Внедряемые в городской агломерации такие системы значительно влияют на поведение водителей и за счет контроля действий водителей и приводят к снижению числа ДТП.

Механизм функционирования и основные принципы работы систем фото- и видеофиксации нарушений ПДД представляют собой как стационарные, так и передвижные аппаратно-программные комплексы, предназначенные для автоматического обнаружения и регистрации нарушений правил дорожного движения без непосредственного вмешательства инспектора дорожной полиции [1].

Главные принципы их действия включают в себя:

- обнаружение нарушения - происходит с использованием различных датчиков — радаров для измерения скорости, индукционных петель либо методов видео-аналитики для фиксирования проезда на запрещающий сигнал светофора, пересечения стоп-линии или линий разметки;

- определение транспортного средства - камеры высокого разрешения делают фотографии или записывают видеозаписи автомашин, фиксируя при этом государственный регистрационный номер;

- запись события - система фиксирует точные время и дату, место совершения нарушения, тип нарушения и сопутствующие параметры (зафиксированная скорость);

- автоматическая обработка информации - полученные данные направляются в центр обработки, где они анализируются, соотносятся с базой данных владельцев транспортных средств, после чего создается постановление об административном правонарушении, которое отправляется по почте.

Одним из ключевых принципов работы систем фото- и видеофиксации нарушений ПДД, является принцип неотвратимости наказания. В отличие от традиционного патрулирования, когда вероятность остановки инспектором за нарушение сравнительно мала, автоматизированные системы значительно повышают шансы привлечения правонарушителя к ответственности. Это формирует сильный психологический стимул для водителей придерживаться

правил дорожного движения, даже если отсутствует визуальный контроль со стороны правоохранительных органов.

Эффективность систем фото- и видеофиксации подтверждена многочисленными исследованиями, как международными, так и национальными. Они доказали, что эти системы значительно повышают безопасность на дорогах, оказывая положительное влияние на следующие аспекты:

- снижение скорости. Камеры контроля скорости эффективно заставляют водителей снижать скорость. Анализ множества исследований показал, что камеры снижают количество аварий, связанных со скоростью на значительный процент в зоне их действия;

- предотвращение проезда на красный свет. Камеры на перекрестках эффективно фиксируют и предотвращают проезд на запрещающий сигнал светофора. Это приводит к уменьшению количества опасных боковых столкновений;

- общее снижение аварийности и тяжести последствий. Установка камер приводит к уменьшению общего количества ДТП, а также числа погибших и тяжелораненых. Положительный эффект может распространяться и на прилегающие участки дороги, так как водители, зная о камерах, ведут себя более осторожно;

- объективность и борьба с коррупцией. Автоматическая фиксация нарушений исключает человеческий фактор, делая процесс более объективным и снижая риск коррупции;

- сбор данных для анализа и планирования. Системы генерируют ценные данные о нарушениях и трафике, которые используются для анализа причин аварий, планирования дорожных работ и оптимизации дорожного движения [2,3].

Несмотря на все преимущества, системы фото- и видеофиксации вызывают множество обсуждений и критических замечаний, например:

- общественное отношение. Часто камеры воспринимаются водителями не как средство обеспечения безопасности, а для иных целей;

- непрозрачность процесса установки, скрытое размещение камер или монтаж в местах, где превышение скорости не представляет серьёзной опасности (например, резкое понижение скоростного режима на пустой дороге);

- «эффект переключения». По мнению некоторых критиков, водители, стараясь избежать камер на контролируемых участках, могут ускоряться на других, менее контролируемых дорогах или выбирать альтернативные маршруты с более высоким уровнем риска;

- конфиденциальность и защита информации. Массовый сбор данных о перемещениях автомобилей вызывает вопросы о защите личной информации и возможности её незаконного использования;

- технические сбои и настройка. Любая автоматизированная система подвержена ошибкам и неисправностям. Некорректная настройка или технические проблемы способны привести к ошибочным выпискам штрафов;

- законность и судебные процессы. Вопросы, связанные с идентификацией водителя и обжалованием штрафов, требуют чётких и прозрачных нормативных норм [4].

Для повышения продуктивности систем фото- и видеофиксации с одновременным снижением их негативных эффектов требуется комплексный подход, который будет учитывать:

- обоснованность и открытость. Размещение камер должно основываться на анализе аварийности, приоритетно в местах, где часто происходят ДТП. Водители должны знать о местах установки камер и причинах их выбора.

- комплексный подход к организации безопасности дорожного движения. Системы фиксации должны быть частью общей стратегии, включающей улучшение дорожной инфраструктуры (дороги, разметка, освещение), образовательные программы и традиционное патрулирование;

- постоянный контроль и анализ. Необходимо регулярно оценивать эффективность установленных систем, анализируя снижение аварийности, и при необходимости корректировать места их размещения;

- расширение функциональности. Системы должны фиксировать больше нарушений, таких как непристегнутый ремень, использование телефона при вождении автомобиля, нарушения правил парковки и т.д.;

- использование современных цифровых технологий. Применение искусственного интеллекта и машинного зрения для выявления сложных нарушений и повышения точности распознавания;

- интеграция с интеллектуальными транспортными системами. Необходимо объединение данных с системами управления светофорами, динамического изменения скоростного режима и информирования водителей о дорожной обстановке;

- правовое регулирование и этические аспекты. Необходимы четкие правила сбора, хранения и использования данных, а также механизмы защиты прав граждан и обжалования штрафов [5,6].

Системы автоматической фиксации нарушений ПДД показали свою высокую эффективность в улучшении дорожной безопасности. Они помогают снизить количество аварий и тяжесть их последствий. Для более эффективной работы систем фото- и видеofиксации нарушений ПДД, влияющих на снижение аварийности на дорогах, необходимо рассматривать их как часть общей стратегии по обеспечению безопасности на дорогах, что включает в себя интеграцию с другими современными цифровыми и транспортными технологиями, постоянное обновление оборудования, открытое общение с общественностью и соблюдение этических принципов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов П.С., Смирнов В.Л. Влияние систем фотовидеofиксации на дисциплину водителей и уровень аварийности // Мир транспорта. 2021. Т. 19. № 1. С. 136-145.
2. Ковалев А.В. Особенности применения фото- и видеofиксации в профилактике дорожно-транспортных происшествий // Юридическая наука и правоохранительная практика. 2019. № 3 (49). С. 83-88.
3. Свиридов М.М. Автоматическая фиксация нарушений ПДД: правовые аспекты и перспективы развития // Административное право и процесс. 2021. № 6. С. 60-64.
4. Повышение и улучшение безопасности дорожного движения / А. С. Семькина, Н. А. Загородний, М. В. Петрук, М. А. Лозовая // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 3-1(90). – С. 109-115. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-3-1(90)-109-115.
5. Петрова, Д. В. Повышение безопасной эксплуатации автомобилей / Д. В. Петрова, О. В. Головин, С. О. Андреева // Сборник докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Сборник докладов конференции, Белгород, 29–30 мая 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 185-190.
6. Румянцева, К. О. Автоматическое регулирование светофоров: современное состояние, проблемы и перспективы развития / К. О. Румянцева, А. С. Семькина // Современные системы и технологии на транспорте: проблемы и перспективы : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, 24–25 апреля 2025 года. – Воронеж:

УДК 728

Савельева М.А.

*Научный руководитель: Чечель И.П., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгорода, Россия*

ВЛИЯНИЕ ЦВЕТА, ФОРМЫ И МАСШТАБА НА СОЗДАНИЕ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ЖИЛОГО РАЙОНА

В современном мире вопросы создания комфортной и гармоничной среды в жилых районах становятся всё более актуальными. Архитектурно-планировочные решения, используемые при проектировании жилых комплексов, должны учитывать не только функциональные потребности жителей, но и их эмоциональное восприятие пространства. Одним из ключевых факторов, влияющих на формирование комфортной среды, являются такие элементы, как цвет, форма и масштаб.

Цвет, форма и масштаб – это не просто эстетические характеристики, они способны оказывать значительное влияние на настроение, восприятие пространства и даже на психофизиологическое состояние человека. В работе автор рассматривает, как эти факторы взаимодействуют друг с другом и как они могут быть использованы для создания гармоничной и комфортной среды в жилых районах.

Понимание механизмов воздействия цвета, формы и масштаба на человека позволяет архитекторам и дизайнерам разрабатывать более эффективные и продуманные решения, которые будут отвечать потребностям и ожиданиям жителей, способствовать созданию уютного и гармоничного пространства для жизни.

Исследование влияния цветовой гаммы, архитектурных форм и масштабности на создание комфортной городской среды становится все более актуальным. Это связано с несколькими важными аспектами:

1. Комфорт. Гармоничные решения улучшают психоэмоциональное состояние.
2. Идентичность. Архитектура отражает уникальность и культурную самобытность города.
3. Качество жизни. Чистые и ухоженные города снижают уровень стресса и повышают удовлетворенность.

4. Экономика. Привлекательные районы привлекают инвестиции и становятся популярными у туристов.

5. Устойчивость. Экологически продуманные решения способствуют долгосрочному развитию города.

6. Эстетика. Красивые цвета и формы создают приятную визуальную атмосферу.

7. Социальное взаимодействие. Комфортная среда помогает людям лучше общаться друг с другом.

Цвет является одним из важных факторов, влияющих на эмоциональное и психологическое состояние человека. Исследования в этой области охватывают различные аспекты восприятия цвета и его воздействия на психику. Восприятие цвета человеком – это удивительный физиологический процесс, который осуществляется исключительно с помощью органов зрения. Этот феномен оказывает значительное влияние на функционирование всего организма [1].

Множество исследований подтверждают, что разные цвета могут вызывать различные эмоции и физиологические реакции. Выбор цветовой палитры играет ключевую роль в создании психологического комфорта и функциональной организации пространства. Цвета способны привлекать внимание к важным элементам интерьера, изменять восприятие размеров и освещенности помещения, придавая ему уют или строгость. Они отражают индивидуальность и эмоциональное состояние, сохраняя при этом гармонию с назначением и стилем интерьера [2,3]. Например, тёплые цвета (красный, оранжевый, жёлтый) часто ассоциируются с энергией и активностью, в то время как холодные цвета (синий, зелёный, фиолетовый) могут создавать ощущение спокойствия и умиротворения.

В 1970-х годах произошло слияние двух дисциплин — психологии и архитектуры, что привело к возникновению средовой психологии. Этот процесс стал результатом долгих размышлений архитекторов о том, какое значение имеет искусственное окружение в жизни человека [4, с. 14]. Основной фокус исследований в этой молодой научной области направлен на изучение геометрических форм, которые используются для оформления фасадов зданий и интерьеров помещений. Важным аспектом является также анализ того, как эти формы влияют на восприятие человека, его эмоции и психологическое состояние [4, с. 43].

Форма, как ключевой архитектурный и дизайнерский элемент, оказывает существенное влияние на пространственное восприятие и уровень комфорта человека. Это воздействие обусловлено сложными

психологическими механизмами, включая ассоциативные процессы и эмоциональные реакции, которые активируются при восприятии различных форм. В частности, плавные и округлые формы способствуют формированию ощущения уюта и релаксации, что обусловлено их гармонией и отсутствием резких контрастов. Напротив, угловатые и острые формы могут вызывать напряжение и дискомфорт, так как они воспринимаются как элементы диссонанса и нестабильности. Таким образом, форма играет не только эстетическую, но и функциональную роль в архитектуре и дизайне, формируя пространственную среду, которая оказывает непосредственное влияние на психоэмоциональное состояние человека.

Архитектурные элементы, такие как своды и купола, эффективно распределяют энергию внутри помещений, минимизируя разрушительные напряжения [5, 352]. Если уменьшить угол наклона свода или купола, распределение станет более равномерным. Такие формы также привлекают повышенное внимание. Этот принцип используется для установки скульптур в круглых нишах, чтобы зритель дольше не мог оторвать взгляд от произведения искусства. Параллелепипед, одна из самых распространённых форм в строительстве, состоит из шести плоскостей, пересекающихся под прямым углом. В книге «Живые поля архитектуры» М.Ю. Лимонада и А.И. Цыганова утверждается, что внутреннее пространство параллелепипеда разделено на зоны с разной энергетической активностью и свойствами. Рекомендуется располагать зоны отдыха и сна у стен, а рабочие столы — в этих же местах. Пребывание в центре, где находятся фокусные точки и линии равнодействия, может быть дискомфортным. Размещение кровати в этой зоне повышает риск заболеваний [6].

Масштаб в архитектуре определяет соотношение размеров объекта и его изображения на чертежах или моделях. Он играет важную роль в формировании архитектурной среды, влияя на восприятие и функционирование пространства. Он обеспечивает точное представление деталей архитектуры, что важно на ранних стадиях проектирования. Масштаб позволяет учитывать конструктивные и декоративные элементы, а также функциональные зоны. Масштаб в архитектуре, рассматриваемый в символическом ключе, является важной характеристикой, которая раскрывает уникальность архитектурного объекта. Примером такого подхода служит Мавзолей Ленина на Красной площади в Москве. Несмотря на то, что его размеры значительно меньше других элементов ансамбля, он занимает

центральное место как с точки зрения смысла, так и символического значения для этой площади. Благодаря этому монументальному масштабу, памятник производит сильное впечатление [7]. Выбор масштаба влияет на эстетическое восприятие и интеграцию объекта в окружающую среду. Оптимальный масштаб создает визуально сбалансированное и гармоничное пространство. Масштаб связан с функциональностью объекта. В жилых зданиях он учитывает антропометрические параметры, а в общественных – потоки людей и функциональные зоны, обеспечивая комфортное и эффективное использование пространства.

Цвет, форма и масштаб играют ключевую роль в формировании целостной концепции района. Определённая объёмно-пространственная структура диктует выбор цветовой палитры, и наоборот. Эти элементы взаимодействуют, создавая гармоничное восприятие городской среды. Цвет в градостроительстве выполняет как практические, так и эстетические функции. Он помогает людям различать здания и районы, ориентироваться в городской среде и создаёт визуальный комфорт. Цвет также влияет на эмоциональное восприятие пространства, формируя его атмосферу. Форма является важным элементом, который воспринимается большим количеством людей. Она позволяет понять суть процессов в обществе и служит средством эстетического воспитания масс. Форма зданий и элементов городской среды становится важным фактором, формирующим общественное восприятие и эмоциональное состояние. Масштаб в колористике района может быть выражен через выделение цветом высотного здания или группы зданий. Это помогает создать визуальную доминанту, которая будет заметна на уровне района или квартала и служить ориентиром, видимым издали. Сочетание цвета, формы и масштаба способствует формированию запоминающегося и привлекательного образа района, выделению функциональных зон и облегчению ориентации в пространстве [8].

Примером может быть архитектурная концепция жилого комплекса City Bay, в городе Москва, основывается на принципах интеграции разнообразных текстур, материалов и цветовых палитр, что позволяет создать многослойное визуальное восприятие пространства. Комплекс представляет собой архитектурную композицию, включающую здания различной высотности, от малоэтажных строений до небоскрёбов, что обеспечивает динамичную вертикальную структуру и придаёт проекту уникальную градостроительную выразительность.



Рис. 1. Перспективный вид жилого комплекса City Bay

Цвет, форма и масштаб играют ключевую роль в создании комфортной жилой среды. Их гармоничное сочетание влияет на наше эмоциональное состояние и самочувствие. Правильно подобранные цвета создают атмосферу уюта и расслабления. Архитектура и ландшафт с тщательно продуманными формами улучшают визуальное восприятие и организацию пространства. Размер объектов должен соответствовать окружению, чтобы избежать ощущения дисгармонии. Все эти факторы важны для нашего здоровья и качества жизни.

Проблема, связанная с этой темой, может проявляться в районах, где присутствуют следующие факторы:

1. Эмоциональный аспект. Неудачные цветовые и формообразующие решения могут вызывать стресс.
2. Образ района. Негативный имидж снижает привлекательность и препятствует развитию.
3. Практичность. Неудачные дизайнерские решения усложняют ориентацию и снижают уровень безопасности.
4. Эстетическая согласованность. Не сочетание форм и цветов может вызывать дискомфорт.

Независимо от того, где люди живут, в любом районе города важно, чтобы окружающая среда была красивой и гармоничной. В статье "Архитектурная геоника и поиски оптимальных решений в проектировании уникальных зданий" авторы подчеркивают, что города постоянно эволюционируют, и их архитектурное наследие обогащается новыми элементами, которые требуют особого внимания со стороны специалистов. Главная задача – органично вписать эти нововведения в общий контекст городской среды [9]. Правильное внедрение новых архитектурных объектов будет успешным благодаря правильному выбору цвета, масштаба и формы самого объекта.

Статья анализирует, как цвет, масштаб и форма влияют на создание комфортной городской среды. Подытоживая выше сказанное, можно выделить следующие пункты:

1. Цвет в дизайне района может влиять на настроение и эмоциональное состояние жителей. Использование спокойных и гармоничных оттенков способствует созданию уютной атмосферы и снижению уровня стресса.

2. Форма элементов городской среды (например, зданий, парков, улиц) также имеет значение для восприятия пространства. Плавные линии и органичные формы могут создавать ощущение гармонии и комфорта, в то время как резкие и угловатые формы могут вызывать дискомфорт.

3. Масштаб архитектурных объектов и элементов инфраструктуры должен соответствовать размерам и пропорциям окружающего пространства. Здания и сооружения, гармонирующие с масштабом района, способствуют созданию сбалансированной и комфортной городской среды.

4. Важно учитывать взаимосвязь цвета, формы и масштаба при планировании и проектировании района. Это поможет создать единое и целостное пространство, которое будет соответствовать потребностям и ожиданиям жителей.

5. Применение принципов цветовой гармонии, плавных форм и сбалансированного масштаба в дизайне района может способствовать повышению качества жизни, улучшению психологического состояния жителей и созданию более привлекательной городской среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рац. А.П. Основы цветоведения и колористики. Цвет в живописи, архитектуре и дизайне: курс лекций. // Московский государственный строительный университет. 2014. С.128

2. Потокина. Т. М. Понятие цвета и его роль в архитектуре // философские проблемы культуры. 2019. №1(9). С. 77-79.

3. Никонов Н.Н. Введение в специальность. Восемь лекций о профессии. М.: АСВ. 2005.

4. Самохвалова Е.В. Влияние геометрии зданий на самочувствие человека. // В сборнике: Дни студенческой науки. М.: МГСУ. 2018. С. 351-353.

5. Симонов М.Д., Жилкина Т.А. Геометрия форм в архитектуре и ее влияние на человека // Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Ника". 2019. №2(14). С. 2-4.

6. Лапшина Е. А., Копьева Д.Д. Особенности колористической организации общественных пространств жилой среды // Вестник инженерной школы ДВФУ №2. 2016

7. Шеремет А.А., Сальникова А.С., Сальников Д.А. Архитектурная геоника и поиск оптимальных решений в проектировании уникальных сооружений // Международная научно-техническая конференция молодых ученых Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2021. С. 903-907.

УДК 004.81

Сазонов Д. А., Черноморец А. А.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО СОКРЫТИЯ ИНФОРМАЦИИ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ

Развитие цифровых технологий и широкое распространение мультимедийных данных актуализируют задачи обеспечения конфиденциальности и защиты информации. Одним из эффективных направлений в этой области является стеганография — наука о методах скрытой передачи данных в цифровых объектах. В отличие от криптографии, обеспечивающей лишь сокрытие содержания сообщения, стеганография скрывает сам факт передачи, что делает её незаменимой при защите интеллектуальной собственности, передаче служебной информации и противодействии информационным атакам.

Классические методы стеганографии в изображениях базируются на модификации пространственных или частотных компонент изображения. Простейший и широко известный подход — метод наименее значащих битов (LSB) [4], при котором информация встраивается в младшие разряды пикселей. Более сложные алгоритмы, использующие преобразования Дискретного Косинусного (DCT) или Вейвлет-преобразования (DWT), позволяют повысить устойчивость к искажениям и компрессии [2]. Однако такие методы характеризуются ограниченной емкостью и уязвимостью к современным методам стегоанализа.

С развитием искусственного интеллекта и глубокого обучения возникли новые возможности для построения интеллектуальных систем сокрытия информации [1]. Использование нейронных сетей позволяет формировать оптимальные скрытые представления данных, минимизируя заметность и повышая устойчивость встроенной информации. В последние годы активно развиваются подходы на основе генеративных моделей — в частности, генеративно-состязательных сетей (GAN), вариационных автокодировщиков (VAE) и диффузионных моделей (Diffusion Models). Эти методы позволяют не только модифицировать изображения, но и генерировать их заново с уже встроенной скрытой информацией, что качественно отличает их от классических подходов [5].

Традиционные методы стеганографии можно условно разделить на две группы: методы в пространственной области и методы в частотной области. Пространственные методы напрямую изменяют значения пикселей изображения. Наиболее известный — метод LSB, при котором в младшие биты каждого пикселя внедряются биты скрытого сообщения. Его достоинство — простота реализации и высокая емкость, однако любое сжатие или добавление шума разрушает встроенные данные. Более устойчивые решения строятся в частотной области. Метод DCT позволяет внедрять информацию в коэффициенты косинусного преобразования, что делает стеганограмму менее уязвимой к сжатию JPEG. Методы на основе вейвлет-преобразования (DWT) обеспечивают ещё большую устойчивость за счёт локализации частотных компонент. Варианты с использованием сингулярного разложения (SVD) позволяют учитывать энергетическую структуру изображения и минимизировать искажения. Несмотря на эффективность, все классические подходы имеют ограниченные возможности по автоматическому выбору областей встраивания, не учитывают семантику изображения и не адаптируются к контексту, что приводит к заметным артефактам и снижению устойчивости.

Использование глубоких нейронных сетей позволило перейти от ручного проектирования признаков к автоматическому обучению встраивающих и извлекающих функций. Первыми работами стали сети типа Encoder–Decoder, где одна нейросеть встраивает сообщение в изображение, а другая — извлекает его. Известные архитектуры: HiDDeN, DeepSteg, Baluja. Нейросетевые методы обладают рядом преимуществ: обучение по критерию незаметности (perceptual loss), возможность совместной оптимизации качества и устойчивости, автоматическая адаптация к содержанию изображения. Недостатки

связаны с зависимостью от архитектуры сети, высокими требованиями к вычислительным ресурсам и ограниченной интерпретируемостью внутренних представлений.

Генеративные модели представляют новое направление в развитии стеганографии. Их основная идея — не изменять существующее изображение, а генерировать новое, в котором скрытая информация уже встроена на этапе синтеза. Генеративно-сопоставительные сети (GAN) состоят из двух подсетей — генератора и дискриминатора, соревнующихся между собой. Генератор создаёт изображения, неотличимые от реальных, а дискриминатор пытается отличить сгенерированные от исходных. Такая архитектура позволяет обучать систему создавать реалистичные изображения с заданными свойствами. В стеганографии GAN используется для внедрения сообщений в процессе генерации. Известны модели SteganoGAN, ISGAN и SSGAN, демонстрирующие высокие показатели по метрикам PSNR (выше 40 дБ) и SSIM (0.98–0.99). Вариационные автокодировщики (VAE) позволяют внедрять данные в латентное пространство, что делает процесс менее зависимым от конкретных пикселей. Диффузионные модели (Stable Diffusion, DDPM) показывают высокую устойчивость к шумам и искажениям, что открывает перспективы их применения в задачах защищённой коммуникации [3].

Главные преимущества генеративных методов заключаются в высоком уровне незаметности стеганограммы, возможности адаптивного внедрения в зависимости от контекста изображения и устойчивости к сжатию и фильтрации. Основные проблемы — сложность обучения (неустойчивость GAN), необходимость больших наборов данных и ограниченная интерпретируемость латентных признаков.

Сравнительный анализ показывает, что генеративные модели обеспечивают наилучшее сочетание характеристик по емкости, устойчивости и незаметности. В то же время их вычислительная сложность и необходимость больших обучающих выборок требуют разработки оптимизированных архитектур и новых критериев обучения.

Проведённый анализ показывает, что использование генеративных моделей в задачах стеганографического скрытия информации позволяет значительно повысить незаметность и устойчивость по сравнению с классическими подходами. Несмотря на вычислительную сложность, такие методы обладают высоким потенциалом для построения систем защищённой коммуникации нового поколения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Караулова, О. А. Будущее стеганографии: тенденции и инновации в области стеганографии, включая использование искусственного интеллекта / О. А. Караулова, М. В. Шакурский // VII научный форум телекоммуникации: Теория и технологии ТТТ-2024: Материалы XXVI Международной научно-технической конференции, Самара, 06–08 ноября 2024 года. – Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2024. – С. 478–479.
2. Частикова, В. А. Методика создания скрытой информации в изображениях на основе алгоритмов стеганографии / В. А. Частикова, Т. О. Аббасов, С. С. Аббасова // Вестник Адыгейского государственного служащего университета. Серия: Естественно-математические и технические науки. – 2020. – № 3(266). – С. 40–45.
3. Абдулваххаб Хабиб, Ш. Х. Соккрытие данных методами стеганографии / Ш. Х. Абдулваххаб Хабиб // The World of Science Without Borders, 11 февраля 2022 года, 2022. – Р. 335–339.
4. Хмельницкий, Р. С. Метод стеганографии LSB. Реализация на языке Python / Р. С. Хмельницкий // Февральские чтения: Тридцать первая годовичная сессия ученого совета Сыктывкарского Государственного университета имени Питирима Сорокина, Сыктывкар, 01–29 февраля 2024 года. – Сыктывкар: Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, 2024. – С. 477–481.
5. Шестакова, А. С. Исследование и сравнение методов стеганографии на основе системного анализа / А. С. Шестакова // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. – 2019. – № 4. – С. 163–166.

Салихов Д.Д.

Научный руководитель: Русановский С.А., канд. техн. наук, доц.
Северный (Арктический) федеральный университет
им. М.В. Ломоносова

АНАЛИЗ ПОДГОТОВКИ ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО РАСЧЕТА НА ПРИМЕРЕ БАРАБАНА ТРУБНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CAD/CAM/CAE СИСТЕМЫ SIEMENS NX

Инженерные расчеты методом конечных элементов МКЭ имеют большую популярность и непрерывно совершенствуются. МКЭ расчеты позволяют на основе электронно-цифровой модели проводить теоретические исследования, в ходе которых решаются такие задачи, как: определение максимальных перемещений и напряжений в изделии, анализ термических деформаций, зарождение и распространение трещин в изделии, взаимодействие между телами и многие другие [1-3].

В конкретной работе представлена методика статического расчета Трубной шаровой мельницы. Трубная шаровая мельницы (ТШМ) типа 3,2х15м используется для производства цемента. Внутри барабана ТШМ происходит двухстадийный помол клинкера и добавок. Измельченный материал за счет аспирационного потока воздуха удаляется из барабана ТШМ в динамические сепараторы. После классификации в динамических сепараторах готовый продукт – цемент транспортируется в место хранения. Схема ТШМ, построенная на основе цифровой модели в системе Siemens NX представлена на (рис. 1).

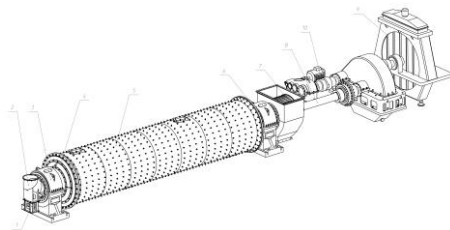


Рис. 1 Схема ТШМ, на основе цифровой модели в Siemens NX:

- 1 – тумба, 2 – течка, 3 – цапфовые подшипники, 4 – загрузочная крышка,
- 5 – барабан, 6 – разгрузочная крышка, 7 – разгрузочный бункер, 8 –
- промежуточный вал, 9 – привод основной, 10 – привод вспомогательный.

Для проведение прочностного расчета важно правильно определить и задать нагрузки, действующие на рассчитываемое изделие. Расчет барабана трубной шаровой мельницы важен, поскольку он воспринимает значительные нагрузки в процессе работы со стороны футеровки, межкамерной перегородки, мелющих тел, а также измельчаемого материала [3].

Основная нагрузка, которая действует на барабан – давление смятия. Нагрузка давления смятия распределена вдоль всей внутренней поверхности барабана. Барабан представляет собой 7 обечаек и пару торцевых фланцев, которыми барабан крепится к торцевым крышкам. Нагрузки (табл. 1), действующие на анализируемое изделие, обозначаются в расчетной схеме, на основе которой проводится расчет (рис. 2).

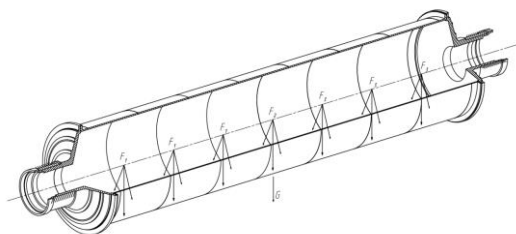


Рис. 2 Расчетная схема изделия – барабана ТШМ.

Таблица 1 – Нагрузки, действующие на барабан ТШМ.

Об-с	Наименование	Значение
F ₁	Давление смятия в камере грубого помола	324750 Н
F ₂	Давление смятия в зоне установки диафрагмы	404908 Н
F ₃	Давление смятия в камере тонкого помола	292228 Н
G	Собственный вес барабана	1145214 Н

Сила, действующая на барабан в камере грубого помола, представляет собой распределенную нагрузку, состоящую из нагрузок со стороны футеровки барабана камеры грубого помола, мелющих тел камеры грубого помола с материалом:

$$F_1 = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3}, \quad (1)$$

где P_1 – вес мелющих тел и материала в камере грубого помола; P_2 – вес футеровки барабана камеры грубого помола; P_3 – вес крепежных элементов футеровки камеры грубого помола; 3 – количество секций корпуса барабана камеры грубого помола.

Сила, действующая на барабан в зоне установки межкамерной перегородки представляет собой распределенную нагрузку, состоящую в основном из нагрузки со стороны межкамерной перегородки и частично от футеровки и мелющих тел камер грубого и тонкого помола:

$$F_2 = 0,16P_1 + 0,16P_2 + 0,16P_4 + 0,16P_5 + 1,16P_6, \quad (2)$$

где P_4 – вес межкамерной перегородки; P_5 – вес мелющих тел и материала в камере тонкого помола; P_6 – вес футеровки барабана камеры тонкого помола; 0,16 1,16 – коэффициент воздействия, определяется из понятия распределенной нагрузки [4-5].

Сила, действующая на барабан в камере тонкого помола, представляет собой распределенную нагрузку, состоящую из нагрузок со стороны футеровки барабана камеры тонкого помола, мелющих тел камеры тонкого помола с материалом:

$$F_3 = \frac{P_5 + P_6 + P_7}{3} \quad (3)$$

где P_5 – вес мелющих тел и материала в камере тонкого помола; P_6 – вес футеровки барабана камеры грубого помола; P_7 – вес крепежных элементов футеровки камеры тонкого помола.

Сила тяжести барабана G определяется при помощи инструмента «Измерение тел» (рис. 3) [2-3].

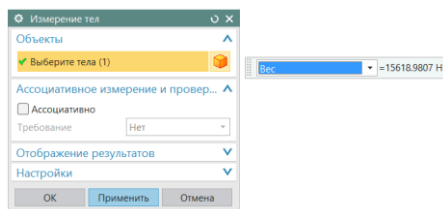


Рис. 3 Измерение веса тела в Siemens NX.

Важным шагом при расчете является идеализация геометрии. В процессе идеализации геометрии из модели удаляется все элементы, которые не влияют на результат расчета, но нагружают расчетную модель, а также могут создавать ошибки расчетной сетки. При идеализации модели из тела удаляются такие элементы как фаски, скругления, отверстия (рис. 4). В некоторых случаях также удаляются элементы детали, необходимые для ее транспортировки. Так, например, на валах удаляются центровочные отверстия, при помощи которых вал устанавливается в центра, при токарной обработке.

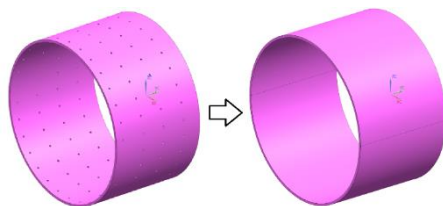


Рис. 4 Результат идеализации геометрии.

Перед проведением МКЭ расчета требуется определить физико-механические свойства изделия, которые следуют из материала, который назначается на электронно-цифровую модель (табл. 2).

Таблица 2 – Материалы и их механические свойства, необходимые для расчета.

Наименование детали	Наименование материала	Физико-механические свойства
Крышка загрузочная	Сталь 35Л ГОСТ 977-88	Модуль Юнга $E = 212$ ГПа; Плотность $\rho = 7830$ кг/м ³ ; Предел текучести $\sigma = 335$ МПа; Предел прочности при растяжении $\sigma_b = 510$ МПа; Твердость HB = 230 МПа.
Крышка разгрузочная		
Фланцы барабана	Сталь 16ГС ГОСТ 5520-79	Модуль Юнга $E = 2,06 \cdot 10^5$ МПа; Плотность $\rho = 7850$ кг/м ³ ; Предел текучести $\sigma = 230$ МПа; Предел прочности при растяжении $\sigma_b = 450$ МПа; Твердость HB = 240 МПа.
Барабан		

На основе заданных из выбранного материала физико-механических свойств электронно-цифровой модели создается конечно-элементная сетка КЭ (рис. 5), которая в последующем переносится в файл симуляции среды NX Nastran.

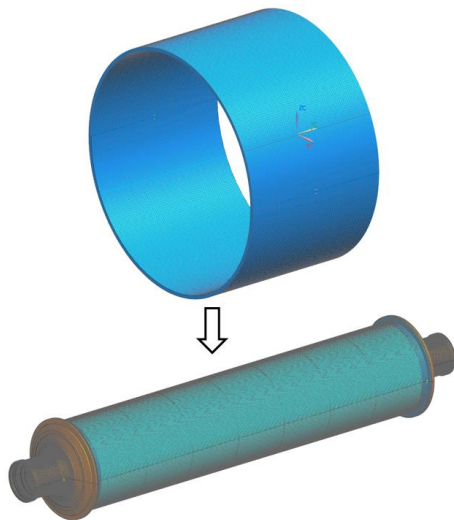


Рис. 5 Наложение КЭ-сетки на отдельный элемент с последующим созданием КЭ-сборки.

Так, в статье представлен метод статического расчета барабана ТШМ, проанализированы основные нагрузки, возникающие внутри барабана ТШМ, рассмотрены ключевые этапы подготовки электронно-цифровой модели изделия к проведению МКЭ расчета в среде NX Nastran.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ельцов М.Ю., Хахалев П.А. Основы расчета изделия на прочность в приложении NX Расширенная симуляция. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 207 с.
2. Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С. В., Сотник Д. Е. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. М.: Изд-во ДМК Пресс, 2012. 504 с
3. Гончаров П.С., М.Ю. Ельцов, С.Б. Коршиков, И.В. Лаптев, В.А. Осиюк. NX для конструктора-машиностроителя. М.: Изд-во ДМК Пресс, 2010. 503 с.
4. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М., 1945. 751 с.
5. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. М., 1966. 603 с.

Семененко М.Э., Баранов Д.С.

*Научные руководители: Маслова И.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСЛОВНЫХ ОПЕРАТОРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПАРАМЕТРИЗОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРОГРАММЕ КОМПАС-3D

Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) эволюционируют от статического геометрического моделирования к динамическому параметрическому подходу. Параметризация — это фундаментальный принцип в проектировании и моделировании, при котором свойства, форма и поведение объекта определяются набором управляющих параметров и математическими зависимостями между ними. Особое место в этом процессе занимают условные операторы, позволяющие реализовать нелинейные зависимости между параметрами и создавать модели, автоматически адаптирующиеся к изменяющимся условиям.

Система КОМПАС-3D, являющаяся одним из ведущих отечественных САПР, предоставляет развитый аппарат параметрического моделирования, включающий механизм условных выражений. Однако методические аспекты их эффективного применения для создания сложных адаптивных моделей остаются недостаточно освещенными в литературе.

Условные операторы в КОМПАС-3D основываются на классической конструкции условного ветвления: где условие представляет собой логическое выражение, формируемое с использованием операторов сравнения ($>$, $<$, $>=$, $<=$, $=$, $<>$) и логических функций (И(), ИЛИ(), НЕ()).

Параметрическая модель в КОМПАС-3D строится на основе иерархической системы переменных, где выделяются:

- Основные параметры - независимые управляющие переменные
- Производные параметры - вычисляемые на основе основных
- Условные параметры - определяемые через логические выражения

Рассмотрим поэтапную методику создания модели типа «Основания», автоматически изменяющую габаритные размеры и соответственно топологию детали.

Модель должна обеспечивать:

- Автоматический пересчет количества элементов массива, с помощью которого на детали Основание размещены выступающие элементы в виде бобышек.

- Сохранение конструктивной целостности при любых изменениях габаритных размеров (в определённых диапазонах).

Таблица 1 – Комплексная система параметрических связей:

Объект модели	Параметр	Связь	Тип зависимости
Основание	Длина	l	Прямая
Основание	Ширина	b	Прямая
Основание	Радиус	r	Прямая
Бобышка	Диаметр	D	Прямая
Отверстие	Диаметр	d = D/2	Функциональная
Массив	Количество	i, j	Условная

Для создания условных зависимостей необходимо воспользоваться глобальной переменной: $\min = 40$. Она служит опорной величиной, относительно которой система принимает решения об изменении модели и гарантирует сохранение топологии детали с увеличением или уменьшением количества бобышек при любых изменениях габаритных размеров Основания.

Благодаря существованию условного оператора в Системе КОМПАС-3D можем закон изменения количества бобышек от габарита основания представить в виде:

$i = li \leq 2 * \min ? 3 : (li \leq 3 * \min ? 4 : (li \leq 4 * \min ? 5 : (li \leq 5 * \min ? 6 : 7)))$)- количество бобышек по длине

$j = bj \leq 2 * \min ? 2 : (bj \leq 3 * \min ? 3 : (bj \leq 4 * \min ? 4 : 5))$)- количество бобышек по ширине

Графически каждое из условий можно представить так (рис.1).

Данная методика демонстрирует значительные преимущества по сравнению с традиционным подходом к параметрическому моделированию:

1. Исключается человеческий фактор – система автоматически применяет заложенную логику.
2. Одинаковые условия всегда приводят к одинаковым результатам.
3. Мгновенная адаптация к требованиям заказчика.
4. Сокращение временных затрат.

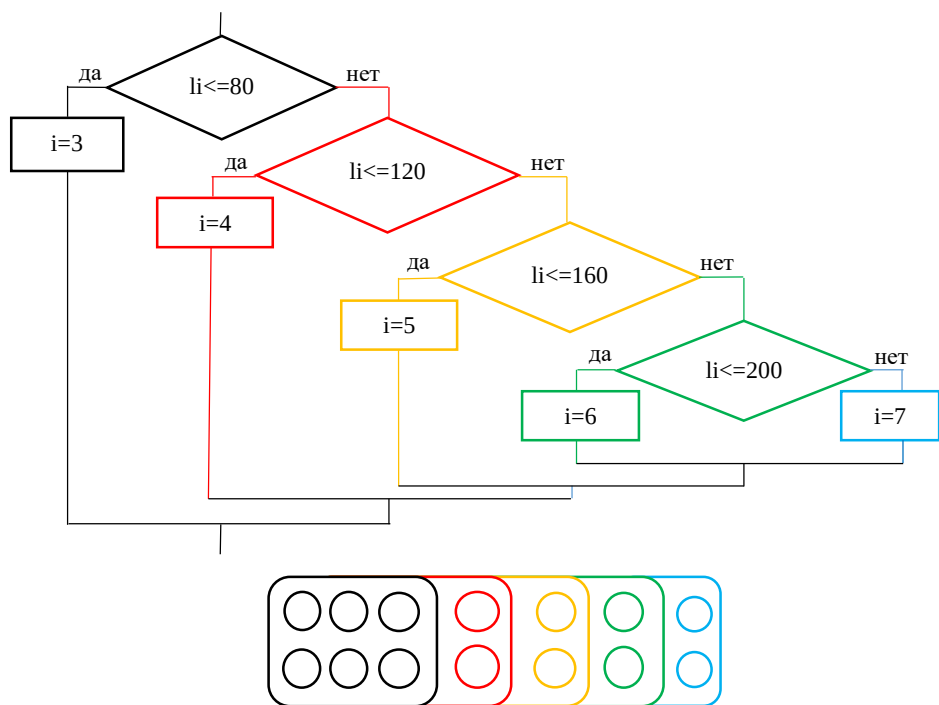


Рис.1. Графическое представление условного оператора для определения количества бобышек

На примере модели "Основание" показано, что применение условных выражений позволяет создавать интеллектуальные конструкции, автоматически изменяющие свою конфигурацию в соответствии с заданными условиями. Предложенный подход может быть успешно применен для проектирования широкого класса машиностроительных деталей и сборочных единиц, требующих быстрого реагирования к изменяющимся условиям эксплуатации или производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маслова И.В. Использование САПР Компас 3D при создании чертежей деталей в машиностроении [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов направлений 15.03.01 – Машиностроение, 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, специальности 15.05.01 – Проектирование технологических комплексов механосборочных производств / И. В. Маслова, А. В. Хуртасенко, Д. С. Баранов. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2021. - 1 on-line : ил., рис. - Загл. с титул. экрана. - Б.ц.
2. Параметризация / Текст : электронный // ООО «АСКОН-Системы проектирования». – 2023. – URL: <https://help.ascon.ru>
3. Хуртасенко, А.В. Технология восстановительной обработки крупногабаритных деталей с использованием методов активного контроля: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / А. В. Хуртасенко. – Белгород: БГТУ, 2007. – 150 с.
4. Маслова, И.В. Дистанционная диагностика состояния восстанавливаемых поверхностей крупногабаритных объектов в процессе их эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13 и 05.02.08 / И. В. Маслова. – Белгород: БГТУ, 2013. – 159 с.

УДК 656.025

Семенова К.В.

Научный руководитель: Рогов Д.О., асс.

Государственный университет управления, г. Москва, Россия

ТРАНСПОРТНАЯ ДОСТУПНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ: ВЛИЯНИЕ АГЛОМЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА МОБИЛЬНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Современные мегаполисы становятся центрами экономической, социальной и культурной активности. Процессы урбанизации способствуют формированию агломераций – пространственных систем, объединяющих ядро (крупный город) и окружающие населенные пункты, связанные между собой экономически, транспортно и инфраструктурно. В России наиболее ярким примером подобной структуры является Московская агломерация, включающая Москву и Московскую область. Московская агломерация – одна из крупнейших в

Европе. Она характеризуется высокой концентрацией населения, рабочих мест, объектов социальной и деловой активности. Агломерационные процессы стимулируют маятниковую миграцию: ежедневные перемещения миллионов жителей Подмоскovie на работу, учебу и за услугами в Москву.

Одним из ключевых факторов, определяющих качество жизни в агломерациях, выступает транспортная доступность – способность населения свободно перемещаться в пределах определенной территории. От эффективности работы транспортной системы напрямую зависит мобильность населения, а следовательно – конкурентоспособность региона, социальная интеграция и уровень комфортности городской среды.

Сегодня на территории Московской агломерации проживает порядка 22 млн человек [6, 7], при этом административные границы между Москвой и областью постепенно сглаживаются. Основные тенденции агломерационного развития включают в себя:

- перенос жилого фонда за пределы МКАД при сохранении концентрации рабочих мест в столице;
- интенсификацию транспортных связей и формирование новых транспортных систем;
- развитие полицентричности, при которой отдельные подмосковные города становятся новыми центрами притяжения.

Такие процессы требуют перестройки транспортной системы, поскольку традиционная радиально-кольцевая структура Московского транспортного каркаса уже не удовлетворяет современным потребностям мобильности.

Транспортная доступность – ключевой фактор, обеспечивающий возможность комфортного, безопасного и экономически оправданного перемещения. В контексте качества жизни этот показатель в значительной степени влияет на социальные аспекты (доступ к рабочим местам, образованию, медицине, культуре), экологическое состояние среды (зависимость от личного автотранспорта, шум, загрязнение воздуха), а также на психологическое благополучие населения (проблема пробок, переполненность подвижного состава в часы-пик). Исследования показывают, что ежедневные поездки длительностью более 90 минут существенно увеличивают уровень усталости и стресса [1].

В последние годы в Московском регионе реализуется ряд масштабных проектов, направленных на повышение транспортной доступности и связности территорий. Московское центральное кольцо

(МЦК) и Московские центральные диаметры (МЦД) интегрировали железнодорожную сеть с городским транспортом, создав новые маршруты «область – центр – область». Строительство новых станций и веток метро в направлении новых территорий и крупных подмосковных городов значительно снизило нагрузку на автомобильные магистрали. Создание новых транспортно-пересадочных узлов позволило повысить удобство пересадок между различными видами транспорта, а развитие каршеринга, средств индивидуальной мобильности (СИМ) и велоинфраструктуры привело к снижению зависимости от личного автомобиля. Активно ведется строительство и реконструкция крупных автомагистралей и развязок: например, Северо-Западная и Северо-Восточная хорды позволили обеспечить поперечные связи и разгрузить МКАД. В результате улучшилась пространственная связность агломерации, а многие жители Подмосковья получили возможность работать и отдыхать в Москве без существенных временных затрат. Кроме того, в Москве и Московской области активно реализуются меры для повышения привлекательности и эффективности работы общественного транспорта: развитие системы перехватывающих парковок у станций метро и МЦД, обновление и увеличение парка подвижного состава (автобусы, электробусы).

Тем не менее, несмотря на значительные успехи в развитии транспортной связанности между ядром агломерации и близлежащими городами, стоит выделить ряд проблем, влияющих на качество жизни населения. Быстрые темпы урбанизации и рост маятниковой миграции между Москвой и Подмосковьем привели к перегруженности транспортной системы, особенно на въездах в город и в радиальных направлениях. Дисбаланс между местом проживания и местом работы остается ключевой причиной транспортных коллизий: значительная часть жителей Московской области ежедневно направляется на работу в столицу, что создает колоссальные пиковые нагрузки на улично-дорожную сеть и общественный транспорт [5]. Несмотря на активное развитие метро, железнодорожной инфраструктуры и маршрутов общественного транспорта, уровень комфорта и пропускная способность транспортной сети все еще не соответствуют быстрорастущим потребностям населения.

Неравномерность транспортной доступности и дисбаланс между высокими темпами жилищного строительства в Подмосковьи и недостаточным развитием транспортной инфраструктуры – восточные и юго-восточные районы области остаются менее интегрированными в транспортную систему региона. Это формирует пространственное

неравенство и ограничивает социально-экономические возможности жителей разных частей региона. Еще одним вызовом является недостаточная экологическая устойчивость транспортной системы: высокий уровень выбросов, шумовое загрязнение и избыточное использование автомобильного транспорта негативно влияют на качество городской среды и здоровье населения. Также наблюдается недостаточная координация между транспортным и градостроительным планированием: новые жилые комплексы нередко строятся без должного обеспечения транспортной инфраструктурой [3].

Таким образом, транспортное развитие Московской агломерации осложняется сочетанием инфраструктурных, организационных и экологических проблем. Для их решения требуется комплексный подход, включающий не только развитие систем общественного транспорта и строительство новых автомагистралей и развязок, но и изменение пространственной структуры расселения, развитие полицентричности, интеграцию транспортных систем Москвы и области, а также переход к экологически устойчивым и интеллектуальным формам мобильности.

Перспективы транспортного развития Московской агломерации напрямую связаны с формированием единого, сбалансированного и устойчивого транспортного пространства, способного обеспечить высокую мобильность населения и снизить нагрузку на центральные районы столицы. Главным направлением становится дальнейшая интеграция транспортных систем Москвы и Московской области в рамках единой стратегии агломерационного развития. Это предполагает не только совершенствование инфраструктуры, но и переход к новому типу пространственной организации, когда значительная часть рабочих мест, услуг и объектов досуга переносится в подмосковные города-спутники. Такая модель позволит сократить маятниковые потоки и сделать передвижения внутри региона более равномерными [8].

Важным элементом будущего транспортного каркаса станет дальнейшее развитие Московских центральных диаметров, линий метро, маршрутов общественного транспорта и средств индивидуальной мобильности, что обеспечит прямое и комфортное сообщение между населенными пунктами без необходимости пересадок в центре города. Расширение транспортно-пересадочных узлов, внедрение единой билетной системы и цифровых сервисов управления мобильностью позволит сделать передвижение комфортным и удобным. Параллельно с этим необходимо

совершенствовать и улично-дорожную сети, включая строительство обходных магистралей, которые разгрузят центр Москвы и обеспечат транзитное движение по периферийным маршрутам. Особое внимание следует уделить развитию интеллектуальных транспортных систем (ИТС), которые с помощью анализа больших данных и технологий искусственного интеллекта смогут оптимизировать трафик, управлять потоками и снижать заторы.

Еще одним перспективным направлением становится развитие транспортно-градостроительных кластеров, где жилые, деловые и общественные функции интегрированы в непосредственной близости от крупных транспортных узлов [4]. В долгосрочной перспективе транспортная система Московской агломерации должна стать не просто средством перемещения, а основой формирования «умного», экологичного и сбалансированного мегаполиса, где мобильность будет сочетаться с высоким качеством жизни и устойчивым развитием региона.

В заключение, стоит отметить еще один важный аспект развития транспортной мобильности Московской агломерации, который в последние годы приобретает все большую актуальность – повышение инклюзивности и доступности транспортной инфраструктуры для маломобильных групп граждан. В условиях мегаполиса, где ежедневно совершаются миллионы поездок, обеспечение равных возможностей передвижения для всех категорий населения становится не только социальной, но и градостроительной задачей. Развитие инклюзивного транспорта предполагает создание безбарьерной среды во всех звеньях транспортной системы – от остановочных пунктов и вокзалов до подвижного состава. В последние годы в Москве и Подмосковье наблюдается значительный прогресс в этом направлении: новые станции метро оборудуются лифтами, пандусами и тактильной навигацией, поезда МЦД и МЦК имеют низкий уровень пола, автобусы и электробусы оборудованы специальными подъемными платформами что обеспечивает удобную посадку в транспорт, а на остановках и платформах внедряются речевые информаторы и визуальные табло [2]. К сожалению, подробные сервисы для маломобильных групп граждан еще не распространены повсеместно, что приводит к формированию социальных ограничений. Для решения этих вопросов необходима комплексная модернизация транспортной инфраструктуры, внедрение единых стандартов безбарьерной среды и расширение системы навигации для людей с ОВЗ. Создание условий для равного доступа к транспорту позволит не только повысить комфорт и безопасность

передвижения, но также будет способствовать более активному участию маломобильных граждан в общественной и экономической жизни региона. В перспективе Московская агломерация может стать примером мегаполиса, где мобильность рассматривается как универсальное право каждого жителя, а транспорт – как инструмент социальной интеграции и повышения качества жизни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданова, Т. В. Транспортная составляющая комфортной городской среды / Т. В. Богданова, К. А. Евдокимов // Вестник транспорта. – 2025. – № 7. – С. 18-24. – EDN LKPPPG.

2. Ефимова, А. Н. Требования к обслуживанию пассажиров с ограниченными возможностями здоровья при проектировании ТПУ и ТПК / А. Н. Ефимова // Соискатель - приложение к журналу «Мир транспорта». – 2023. – № 1(12). – С. 52-58. – EDN VGMCNT.

3. Когда транспорт работает на город: уроки интеграции для будущего Москвы // РБК URL: <https://www.rbc.ru> (дата обращения: 23.10.2025).

4. Парфенов, А. В. Развитие транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) в Москве / А. В. Парфенов, С. В. Пономарев // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2022 : сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 10–11 ноября 2022 года. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 495-498. – EDN YDVCSJ.

5. Петров, Р. А. Тенденции и проблемы в организации транспортного обслуживания населения города Москвы / Р. А. Петров // Студенческая молодёжь XXI века: наука, творчество, карьера, цифровизация: Сборник материалов Межвузовской научно-практической конференции, Москва, 26 мая 2022 года / Под общей редакцией Е.А. Руднева, под научной редакцией Л.Н. Горбуновой. – Москва: Негосударственное образовательное частное учреждение высшего образования «Московский экономический институт», 2022. – С. 566-576. – EDN RJTBUU.

6. Численность населения Москвы достигла 13,3 млн человек // РБК URL: <https://www.rbc.ru> (дата обращения: 20.10.2025).

7. Численность населения Московской области выросла к 2025 году // Сетевое издание «РЕГИОНЫ.РУ» URL: <https://regions.ru> (дата обращения: 20.10.2025).

8. Шитова, Ю. Ю. Влияние маятниковой трудовой миграции на развитие экономики Москвы и Подмоскovie / Ю. Ю. Шитова, Д. Н. Власов // XIII Экономические чтения: Глобальные вызовы и векторы регионального социально-экономического развития : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 23–25 ноября 2023 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2023. – С. 209-212. – EDN GSXZDZ.

УДК 69.07

¹Серых В.Д., ²Гребеник А.А.

***Научный руководитель: ²Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.
1Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, г.Москва, Россия
2Белгородский государственный технологический университете
им. В.Г. Шухова, г.Белгород, Россия***

РАСЧЕТ УСИЛЕНИЯ СТЕН

В процессе эксплуатации кирпичные стены могут снижать свою прочность и устойчивость. Это может быть связано с увеличением нагрузок, изменением условий эксплуатации или уменьшением остаточного ресурса здания [1-4]. Для обеспечения безопасной эксплуатации здания целесообразно производить усиление поврежденных участков стены. Практика показывает, что своевременно проведенные работы позволяют, во-первых, продлить срок службы сооружения, во-вторых, предотвратить возможное обрушение конструкций и в-третьих значительно снизить затраты на их обслуживание.

Выбор способа усиления каменной конструкции является следствием грамотного обследования, в процессе которого выявляются причины, вызвавшие дефекты и повреждения и приведшие к снижению эксплуатационных качеств объекта. Для этого необходимо провести визуальное и инструментальное обследование поврежденных участков, в процессе которого уточняются действующие нагрузки, фактическая прочность материалов.

Рассмотрим один из таких объектов на примере обследования кирпичной стены главного корпуса завода. Здание завода было введено в эксплуатацию в шестидесятых годах прошлого века.

Проведение настоящих обследований вызвано тем обстоятельством, что из-за невыполнения ранее рекомендованных

мероприятий и продолжающегося процесса коррозионного и деформационного разрушения конструкций возникло сомнение в надежности кирпичной кладки главного корпуса завода.

Результаты обследования показали, что имеющие повреждения (рис. 1) возникли из-за длительного влияния сильно агрессивной среды, связанного со спецификой технологических процессов, организованных в помещениях завода, в результате замачивания из-за многочисленных протечек оборудования, динамических и механических воздействий.

Для предотвращения дальнейшего разрушения материала кладки было предложено ее усиление предварительно напряженными стальными тяжами по наружному контуру стен на уровне плит перекрытия.



Рис. 1. Повреждение внешней поверхности кирпичной стены

Усилие, которое должно быть воспринято одним тяжом из условия предотвращения дальнейших деформаций при расчетном сопротивлении кладки срезу из кирпича марки М 75 на растворе марки М 50, $R_{cp} = 1,6 \text{ кг/см}^2$, длине поперечной стены $l = 36,0 \text{ м}$ и толщине $d = 51 \text{ см}$.

$$N = 0,02R_{cp}ld = 0,02 \cdot 1,6 \cdot 3600 \cdot 51 = 5875,2 \text{ кг.} \quad (1)$$

Требуемая площадь тяжа из стали Ст3 (А240) при $R = 2150 \text{ кг/см}^2$:

$$A = 5875,2/2150 = 2,73 \text{ см}^2. \quad (2)$$

То же, для продольной стены $l = 48 \text{ м}$:

$$N = 0,02 \cdot 1,6 \cdot 4800 \cdot 51 = 7833,6 \text{ кг;} \quad (3)$$

$$A = 7833,6/2150 = 3,64 \text{ см}^2. \quad (4)$$

Усилие, которое должно быть воспринято одним тяжем из условия компенсации работы кладки на растяжение в трещине при глубине трещины 51 см, высоте 4,50 м и расчетном сопротивлении кладки растяжению $R_t = 0,8 \text{ кг/см}^2$:

$$N = 51 \cdot 450 \cdot 0,8 = 18360 \text{ кг.} \quad (5)$$

Требуемая площадь одного тяжа:

$$A = 18360 / 2150 = 8,54 \text{ см}^2. \quad (6)$$

По большему значению требуемой площади принимается 3Ø20, A240 ($A = 9,42 \text{ см}^2$).

Величина удлинения тяжа при величине преднапряжения $\sigma_{sp} = 1000 \text{ кг/см}^2$, модуле упругости $E = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$:

для поперечной стены:

$$l = 36,0 \text{ м, } \Delta l = (\sigma_{sp} / E) \cdot l = (1000 / 2 \cdot 10^6) \cdot 36000 = 18 \text{ мм;} \quad (7)$$

для продольной стены:

$$l = 48,0 \text{ м, } \Delta l = (1000 / 2 \cdot 10^6) \cdot 48000 = 24 \text{ мм.} \quad (8)$$

Схема усиления представлена на рис. 2.

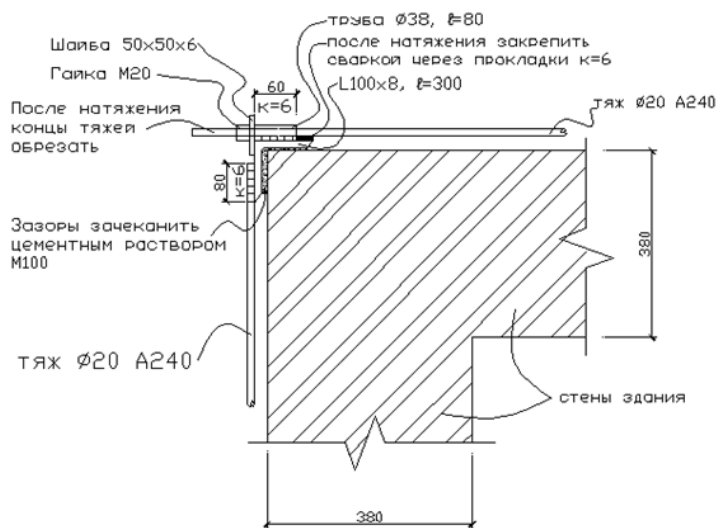


Рис. 2. Схемы усиления стен

Таким образом, расчет показал, что для дальнейшей безопасной эксплуатации здания необходимо выполнить усиление кирпичной стены металлическими односторонними тяжами. Рекомендуется следующий порядок производства работ: в стене просверлить отверстия

Ø30мм под тяжи по высоте через 700 мм; в просверленные отверстия пропустить тяжи 3Ø20, А240; произвести крепление тяжей к наружной стене гайками с установкой с наружной стороны металлических подкладок размером 100×100×10 мм; установить стяжные муфты и произвести натяжение тяжей.

Анкеровку тяжей производят на расстоянии не менее двух метров от трещин и только к капитальной стене (крепление к перегородкам запрещается). Отверстия с установленными тяжами тщательно заделываются цементным раствором М100.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2017. № 10. С. 94-97.

2. I. R. Serykh, E. V. Chernysheva, A. N. Degtyar Examination of the Safety of the Centrifuge Site of a Sugar Factory in the Belgorod Region in Order to Assess the Technical Condition of Structures. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 95. P. 92–99.

3. Serykh I. R., Chernysheva E. V., Degtyar A. N. Inspection of sugar factory brick wall. Innovations and Technologies in Construction (BUILDINTECH BIT 2021). Journal of Physics: Conference Series. 1926(2021)012006. С. 012006.

4. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Серых В.Д. Экспертиза промышленной безопасности дымовой трубы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 3. С. 8–16.

УДК 621.73

Сиденко И.Э., Семькина А.С.

***Научный руководитель: Загородний Н.А., канд. техн. наук., доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ УКЛАДОК КОВАННОГО КАРБОНА И «ЧЕШУИ ДРАКОНА»

Применение углеродного волокна (карбона) в современном мире начинает набирать обороты, его используют как в машиностроении, так и для создания деталей, аксессуаров. Так как карбон является

незаменимой частью обвеса автомобиля, то многие конструкторы пытаются создать всё более уникальный вид карбона.

Укладка карбона является неотъемлемой частью визуализации и самовыражение как конструкторов, так и автовладельцев. В мире существует минимум два известных способа укладки. Первый и самый популярный это стандартное расположение волокна для получения классического стиля и не броского вида. Второй не менее популярный это «кованный». Кованный карбон имеет преимущества в визуальной составляющей, но не в временной. Третий, наверное, неизвестный для большинства это «чешуя дракона». Укладка этого стиля имеет свой уникальный стиль, который привлекает большое количества внимания абсолютно всех. Также можно придумать и расписать ещё большое количество укладки карбона, которые по итогу будут иметь свою уникальность, свой стиль, свои преимущества и недостатки. Далее будет рассмотрено два популярных вида укладки карбона.

Кованный карбон имеет хаотичное расположение ячеек, а также можно делать из любой ширины и любого содержания нитей в волокне (К3, К6, К9 и т.д.), в конечном итоге будет рисунок, который невозможно повторить. Время, затраченное на создание одной детали, возрастает на 30 или 35 процентов от стандартной укладки. Нет определённого шаблона, по которому необходимо укладывать ячейки карбона.

«Чешуя дракона» имеет определённый шаблон укладки ячеек карбона для создания уникального рисунка. Делается из определённой ширины и содержания нитей в волокне (как правило лучше использовать ширину 10 или 15 мм, а содержание нитей в одной ячейке 6 или 9 тысяч). Время, которое затрачивается на создание одной детали увеличивается от стандартной на 70% или 80%, что зависит от детали. На рисунке 1 (а) изображена стандартная укладка карбона, на (б) изображена кованная укладка, (в) «чешуя дракона».

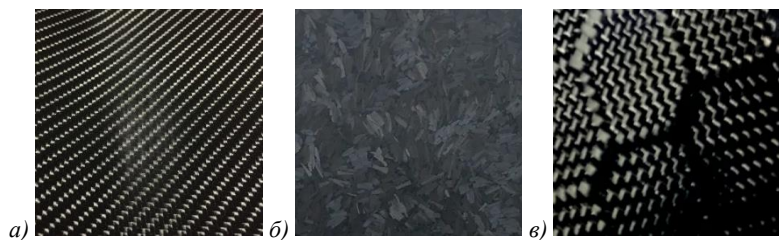


Рис. 1 – Виды укладки карбона

Особенности процесса укладки кованного карбона.

Для того чтобы получить заветный узор, необходимо подготовить материал, инструменты, смолу, а также заготовку детали. Перед тем как начать необходимо определиться какая ширина и какое кол-во нитей будет в волокне. Как только была выбрана ширина, и кол-во нитей, можно приступать к нарезанию карбона в хаотичном порядке. После того как карбон нарезан его можно укладывать первым слоем на заготовку и закрепить специальным клеем, чтобы сохранить желаемый результат. После наложить второй фиксирующий слой и использовать вакуумную инфузию. Можно использовать и ручной способ. Для этого потребуется подготовленная деталь темного цвета, смола, лак, кисти и т.д.. После того как были нарезаны куски волокон карбона их стоит нанести на заранее подготовленную деталь (перед этим нанести клеевую смолу и ждать состояние липкости). Нарезанный карбон укладывается и фиксируется после чего наносится смола и требуется его полное застывание. После того как заготовка застыла, требуется её шлифовка и после этого вскрытие лаком. В результате получается кованный карбон со своим уникальным рисунком.

Особенности процесса укладки «чешуи дракона».

Для того чтобы получился узор чешуи, необходимо потратить на подготовку и укладку времени больше, чем на «кованный карбон». Выбор карбон осуществляется размером ячейки от 10 до 15 мм и зависит от количества нитей в волокне. После чего производится раскрой карбона. Укладка волокна осуществляется следующим способом: одно из волокон должно быть перевернуто, другое напротив должно лежать лицевой стороной. После этого требуется обозначить размерность и местоположение чешуи (строго под линейку, под углом 45°С или 30°С). Далее осуществить нарезку ячеек. После того как подготовлен материал необходимо закрепить с помощью клея или смолы. Далее укладывается второй слой и с помощью вакуумной инфузии протягивается смола. Для данных работ можно использовать и ручной способ, но он более трудоёмок.

В статье проводился сравнительный анализ особенностей укладок кованного карбона и «чешуи дракона», по результатам которого можно сделать вывод, что оба способа являются применимыми для автомобилестроения при этом кованная укладка, осуществляется быстрее и менее трудозатратна, а «чешуя дракона» является более презентабельной и красивой с эстетической точки зрения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Келли А. Инженерный триумф углеволокон // Композиты и наноструктуры. — 2009. — № 1. — С. 38–49.
2. Композиционное вяжущее с использованием кремнистых пород / В. С. Лесовик, В. В. Строкова, А. Н. Кривенкова, Е. И. Ходыкин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2009. — № 1. — С. 25-27.
3. Ким С. Сырье-композиты-углеволокно // The Chemical Journal. — 2014. — № 10. — С. 64–73.
4. Коренец А.М., Братошевская В.В. Использование углеволокна в современном строительстве // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. — 2021. — С. 99–100.
5. Егоров, Д.С. Использование углеродного волокна в строительстве / Д.С. Егоров, В.П. Хлопков. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 47(337). — С. 37–40.

УДК 004.771

Сидорова А.А.

Научный руководитель: Баженова О.О., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В ВОССТАНОВЛЕНИИ И СОХРАНЕНИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

В современном мире, где технологии развиваются с невероятной скоростью, сфера охраны культурного наследия переживает настоящую революцию. Традиционные методы, основанные на ручной реставрации и документировании, постепенно уступают место инновационным цифровым решениям, которые открывают новые возможности для сохранения, изучения и популяризации объектов культурного наследия. Эти прорывные технологии помогают не только лучше понять уникальные памятники, но и обеспечить их долгосрочную сохранность для будущих поколений.

Одним из самых значимых достижений современной цифровой эпохи стало внедрение технологий лазерного сканирования и фотограмметрии. Эти методы позволяют создавать виртуальные

модели с миллиметровой точностью, что ранее было невозможно. В чем же их особенность и преимущества?

Во-первых, лазерное сканирование позволяет за считанные часы получить полную трехмерную репрезентацию объекта, фиксируя каждую неровность, трещину или повреждение поверхности. Такой уровень детализации особенно важен при реставрации разрушенных или сильно поврежденных памятников, когда важно сохранить каждую мелкую деталь, чтобы восстановить подлинный облик.

Во-вторых, цифровые копии служат надежной базой для долговременного мониторинга состояния объектов. Инженеры и реставраторы могут периодически сравнивать новые сканы с предыдущими, выявляя признаки технического износа. Это позволяет своевременно реагировать и предпринимать меры по сохранению памятника без необходимости физического вмешательства.

В-третьих, такие модели являются не только инструментом для реставрации, но и источником для исследований. Ученые могут анализировать структуру зданий, выявлять оригинальные строительные техники, а также моделировать процессы разрушения и восстановления, что значительно расширяет научное понимание исторической архитектуры.

Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR и AR) предоставляют уникальную возможность перенестись во времени и пространстве, не покидая современность. Какие преимущества дает использование этих технологий?

Во-первых, виртуальные экскурсии позволяют миллионам людей по всему миру познакомиться с памятниками, которые в реальности могут быть недоступны из-за удаленности, разрушения или ограничений по посещению. Например, археологические раскопки или руины древних городов могут быть воссозданы в деталях и представлены в виде интерактивных 3D-туров, позволяющих погрузиться в атмосферу прошлого.

Во-вторых, VR-технологии активно используются в образовательных программах и музейных экспозициях, что способствует более глубокому пониманию истории, архитектурных стилей и культурных особенностей эпох. Ученики и студенты могут «погулять» по средневековым улицам или войти в интерьер древних храмов, что значительно повышает мотивацию к обучению.

В-третьих, использование AR – дополненной реальности – позволяет современным посетителям видеть реконструкции памятников прямо на месте их нахождения. Например, при помощи

смартфона можно увидеть, как выглядело здание в своем первоизданном виде, или проследить этапы его строительства. Это делает посещение памятников не только познавательным, но и захватывающим.

Глобализация и развитие цифровых технологий делают возможным объединение усилий специалистов по всему миру. Создание открытых баз данных и цифровых архивов — важнейший аспект современной работы по сохранению наследия.

Во-первых, такие базы позволяют собирать, систематизировать и распространять информацию о памятниках, их состоянии и методиках восстановления. Неоднократно случается так, что реставрационные решения, разработанные в одной стране, могут быть успешно применены в другом регионе с похожими условиями.

Во-вторых, международные проекты способствуют обмену опытом и знаниями. Например, страны, пострадавшие в результате природных катаклизмов или конфликтов, могут обратиться за помощью к специалистам из других стран, использующих современные цифровые методы.

В-третьих, открытые данные повышают прозрачность и привлекают гражданское общество к вопросам сохранения культурного наследия. Каждый желающий может ознакомиться с исследованиями, планами восстановления или исторической документацией, что способствует формированию осознанного отношения к сохранению истории.

Несмотря на огромный потенциал технологий, важно помнить, что цифровые методы — это всего лишь инструменты. Их эффективность зависит от профессионализма специалистов и уважения к культурному наследию.

Одним из главных вызовов является риск «перестройки» исторического образа памятника на основе цифровых моделей, что может привести к потере аутентичности. Поэтому важно соблюдать баланс между техническими возможностями и этическими принципами, уважая оригинальные материалы, архитектурные особенности и культурный контекст.

Также необходимо учитывать бюджетные ограничения и техническую подготовленность специалистов. Не все памятники могут быть легко оцифрованы или обработаны с помощью современных технологий, особенно в регионах с ограниченными ресурсами.

Важную роль играет междисциплинарный подход — объединение инженеров, историков, художников и реставраторов для достижения максимально точных и уважительных результатов.

Развитие технологий не стоит на месте. В ближайшие годы можно ожидать внедрение искусственного интеллекта для автоматического анализа данных и прогнозирования состояния памятников. Возможно появление новых методов 3D-печати, позволяющих создавать точные копии поврежденных элементов или даже целых объектов.

Также активно развивается направление «умных» зданий и инфраструктуры, где датчики и системы мониторинга в реальном времени позволяют отслеживать состояние памятников и автоматически оповещать специалистов о возможных опасностях.

Все эти инновации вместе создадут условия для более эффективного, устойчивого и бережного сохранения культурного наследия объектов архитектуры.

Цифровая трансформация – это не просто технологический тренд, а необходимость современного подхода к сохранению истории. Она помогает максимально точно зафиксировать уникальные памятники, сделать их доступными для широкой аудитории и обеспечить их долгосрочную сохранность. В итоге, технологии помогают объединить прошлое, настоящее и будущее, создавая мост между поколениями и укрепляя культурную идентичность. В эпоху цифровых инноваций сохранение исторической архитектуры становится не только возможным, но и более эффективным, чем когда-либо прежде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. И.И. Горлова, А. Л. Зорин, А. А. Гуцалов Сохранение цифрового наследия в России: методология, опыт, правовые проблемы и перспективы : монография / И.И. Горлова, А.Л. Зорин, А.А. Гуцалов — Москва: Институт наследия, 2021 — 385 с.

2. Буркальцева Д. Д., Османова Э. У., Андрищенко И. А., Бецов А.В., Киселев Р. О., Кравченко И. В., Яковлев А. Н. Цифровые технологии в деле охраны культурного наследия // Вопросы истории. - 2022. - № 12-1.С. 124-141.

3. Ибараки С. Искусственный интеллект во благо: сохранение нашего культурного наследия / С. Ибараки // [Электронный ресурс] - <https://www.forbes.com> (дата обращения: 22.03.2023).2707

4. Гуров Ф.В., Баженова О.О. Сохранение архитектурного наследия посредством технологии передвижки зданий / Образование. Наука. Производство Сборник докладов XVI Международного молодежного форума. Белгород, 2024. С. 33-37.

Сисюта А.А., Холостякова Д.С.

Научный руководитель: Чечель И. П., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

МОДУЛЬНОЕ И АДАПТИВНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Современные архитектурные практики стремятся к повышению гибкости, экономичности и экологичности строительства. В этом контексте модульное и адаптивное строительство приобретают всё большую популярность как эффективные методы решения актуальных задач урбанизации, дефицита жилья и устойчивого развития. Данная статья рассматривает принципы модульного и адаптивного строительства, их преимущества и ограничения, а также анализирует четыре реализованных проекта в разных частях мира.

Традиционные методы строительства зачастую не отвечают требованиям быстро развивающихся городов и экологических стандартов XXI века. В связи с этим возрастающий интерес вызывают модульное строительство, основанное на сборке зданий из предварительно изготовленных блоков, и адаптивное строительство, предполагающее трансформацию зданий под изменяющиеся условия и потребности [1]. Эти подходы позволяют значительно сократить сроки строительства, снизить затраты и уменьшить углеродный след.

Модульное строительство включает в себя производство строительных модулей в контролируемых условиях (на заводе), которые затем доставляются на строительную площадку и собираются в единую конструкцию [2]. Данный метод характеризуется высокой точностью, быстрой реализацией проектов и возможностью масштабирования. Благодаря стандартизации элементов и оптимизации логистических процессов, достигается минимизация строительных отходов и повышение энергоэффективности на всех этапах жизненного цикла здания. Модульные системы обеспечивают гибкость планировочных решений, позволяют легко интегрировать современные инженерные и технологические решения, включая системы жизнеобеспечения, автоматизации и устойчивого энергоснабжения.

Адаптивное строительство, в свою очередь, фокусируется на способности архитектурных объектов изменяться во времени в ответ на динамику социальных, климатических и функциональных факторов.

Это включает как пространственно-планировочную транспортируемость, так и применение интеллектуальных фасадных и конструктивных систем, способных реагировать на внешние воздействия — температуру, освещенность, влажность и другие параметры окружающей среды [3]. В рамках концепции устойчивого развития адаптивная архитектура способствует продлению жизненного цикла зданий, повышению их эксплуатационной эффективности и улучшению качества городской среды.

Проект B2, реализованный архитекторами SHoP Architects в 2019 году, стал первым модульным небоскрёбом в США, и одновременно — технологическим прецедентом в сфере индустриального высотного строительства. Здание (рис.1) высотой 32 этажа (около 110 м) состоит из 930 трёхмерных модулей, изготовленных на заводе в Бруклине с высокой степенью готовности (включая инженерные системы, отделку, окна и встроенную мебель). С точки зрения строительной логистики и временных параметров, проект демонстрирует выдающуюся эффективность: срок возведения составил 18 месяцев, что примерно на 30–40% меньше, чем у аналогичных объектов при традиционном монолитно-каркасном подходе. В процессе использовалась стальная пространственная рама, что позволило обеспечить точную геометрию модулей и возможность их вертикального соединения с точностью до нескольких миллиметров. С экономической точки зрения, проект позволил снизить затраты на трудовые ресурсы [4], минимизировать риски человеческого фактора и сократить объём строительного мусора, что особенно актуально в условиях урбанизированной застройки мегаполисов. Также было задействовано цифровое моделирование и BIM-технологии, обеспечивающие точную стыковку модулей на стадии монтажа [5].

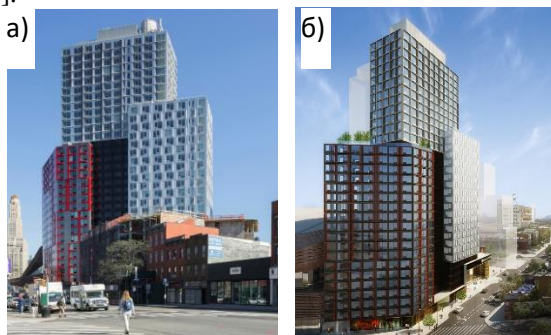


Рис. 1 Жилой комплекс B2, Бруклин, 2019 г.
а) реализованный жилой комплекс; б) визуализация проекта

Другим ярким примером модульной архитектуры является небоскрёб Mjøstårnet (рис.2), признанный на момент завершения самым высоким деревянным зданием в мире (18 этажей, 85,4 м). Конструктивно объект выполнен с использованием клееных деревянных панелей и ламинированных балок, в том числе в модульной сборке. Проект продемонстрировал не только техническую реализуемость экологически устойчивых модулей, но и их конструктивную прочность: здание соответствует нормативам по ветровой и сейсмической устойчивости, а также огнестойкости. CLT-панели [6], предварительно произведённые и собранные на заводе, позволили существенно сократить строительный цикл, повысить точность монтажа и снизить углеродный след. С архитектурной точки зрения, проект Mjøstårnet стал частью парадигмы устойчивой архитектуры, ориентированной на пассивное энергосбережение, натуральные материалы и циклическое использование ресурсов.

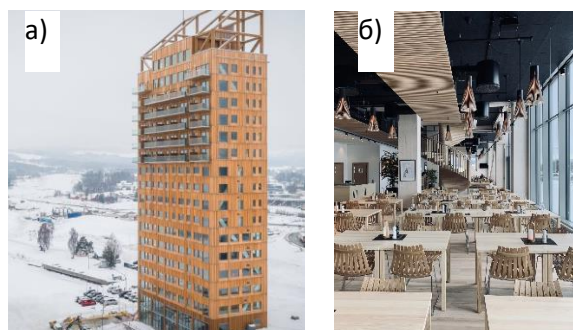


Рис.2 Башня Mjøstårnet, Норвегия, 2019 г.

а) внешний вид башни б) фрагмент интерьера башни

В условиях пандемии COVID-19 в 2020 году Россия реализовала уникальный пример адаптивного строительства в экстремальных условиях — многофункциональный медицинский центр Министерства обороны РФ (рис.3), построенный в парке «Патриот» за 28 дней. Проект представляет собой типологию быстровозводимого адаптивного медицинского объекта, выполненного из модульных конструкций полной заводской готовности — включая инженерные коммуникации, кислородные магистрали, вентиляцию и систему жизнеобеспечения. Площадь комплекса превысила 80 000 м², при этом здание было спроектировано с возможностью функционального переосмысления — после завершения пандемического периода центр может быть

адаптирован под нужды реабилитации, военной медицины, или трансформирован в гражданский медицинский кластер. Проект продемонстрировал важность адаптивных стратегий в архитектуре, направленных не только на визуальные или функциональные трансформации, но и на быстрое реагирование на форс-мажорные обстоятельства, сочетая модульную индустриализацию и стратегическое проектирование.



Рис.3. Медицинский центр Министерства обороны РФ, Москва, 2020г.

Креативный кластер «Флакон» (рис.4) был создан на базе бывшего завода парфюмерно-косметической продукции, действовавшего в XX веке. В начале 2000-х годов производство было выведено, а территория перепрофилирована под многофункциональный общественный комплекс. Данный проект сохранил индустриальный каркас и кирпичную кладку, что позволило снизить затраты на демонтаж и сохранить историко-архитектурный код места. Так же введены модульные перегородки, временные павильоны и трансформируемые интерьеры, позволяющие адаптировать помещения под выставки, мастерские, лекции, шоурумы и студии [7]. Формируется архитектурная система с высокой степенью сценарного реагирования, где пользовательская активность становится главным «архитектором» пространства. Объект был реализован временного и краткосрочного использования, что повышает устойчивость к рыночным и культурным изменениям [8].



Рис 4. Дизайн завод «Флакон», Москва, 2009 г.
а)внешний вид здания; б) внутренний двор арт-пространства

Оба подхода — модульность и адаптивность — закладывают основу для формирования новой парадигмы архитектурного проектирования, в которой приоритетными становятся принципы воспроизводимости, гибкости, ресурсосбережения и интеграции цифровых технологий. В совокупности они позволяют создавать архитектурные решения, соответствующие вызовам урбанизации, экологическим императивам и требованиям современного пользователя. Реализованные проекты в США, Норвегии и России демонстрируют широкий спектр возможностей этих методов — от ускорения строительства до обеспечения экологичности и функциональности зданий. В будущем можно ожидать дальнейшего развития технологий, снижения стоимости и повышения архитектурного разнообразия в модульных и адаптивных постройках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Широков, В. С. Конструктивные особенности модульных зданий / В. С. Широков // Вестник евразийской науки. -2022. - № 3. С 1-2.
2. Modular construction: From projects to products [Электронный ресурс].URL: <https://www.mckinsey.com> (07.10.2025)
3. Михальченко, О. Ю. Адаптивные модели управления строительной системой / О. Ю. Михальченко, А. А. Лapidус, А. А. Ткач // Вестник евразийской науки. -2025. - № 1. С 1-2.
4. Анциферова Е.О. Технология модульного строительства/ Анциферова Е.О., Лотенкова М.Д. // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. - 2020. -№ 9. С. 33-34.
5. Олейников А.А. Применение BIM- технологий при реновации и реконструкции городских территорий/ Олейников А.А., Гнездилов Д.В. // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2024. - № 9. - С. 97-98.

6. Щелокова Т.Н. Современные тенденции улучшения свойств древесины и деревянных строительных конструкций / Щелокова Т.Н. // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2018. - № 6. - С. 41.

7. Храмов И.В. О возможности изменений внутреннего и внешнего пространства в адаптивной архитектуре/ Храмов И.В. Ипатов П.И // Инженерный вестник Дона. – 2024. - № 3. С. 3-4.

8. Алейникова Н.В. Комфортность городской среды / Алейникова Н.В., Чечулина Т.В. // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2019. - № 11. - С. 68.

УДК 666.1.002.68

Скворцов А.А., Скворцова И.Д., Бондаренко В.О.

***Научный руководитель: Бондаренко Н.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ БРАКА СТЕКЛЯННОЙ ТАРЫ И ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Брак – это дефекты продукции, которые не соответствуют требованиям заказчика или существующим нормативным документам [1]. Браки в области производства стеклянной тары регулирует ГОСТ Р 54494 – 2011. Основным экономическим показателем производства стеклянной тары является КИС. КИС – это коэффициент использования стекломассы, он рассчитывается как отношение массы годной продукции к массе сваренной стекломассы. Из расчёта этого показателя предприятие формирует цену на готовую продукцию. Уменьшение этого коэффициента неизбежно будет приводить к увеличению себестоимости. На его величину влияют следующие переменные: технологические потери (обязательная забраковка продукции после смазки форм), технологические простои (регулировка температуры капли до необходимой для конкретной конфигурации изделия), простои и потери связанные с неисправностью оборудования, процент брака. Последняя причина является наиболее весомой в количественном отношении. Именно поэтому в результате производства нужно делать все необходимое для его уменьшения, чтобы это осуществить, необходимо знать причин возникновения брака и способы его устранения. Это необходимо для повышения экономической эффективности производства. В работе будут рассмотрены основные виды брака на основе статистики и причины их возникновения [2].

Необходимо отметить, что для разных конфигураций изделий характерны разные виды брака. Так как какие-то конфигурации изделий имеют свои особенности, например: сложные орнаменты, толстое дно, наличие ручек, имеющих сложную форму, асимметричность, большой вес изделия. Процент брака может увеличиваться не только по производственным причинам, но и в связи с особыми требованиями заказчика [3-7].

Браки подразделяются на следующие подгруппы.

1) Различные виды включений (твердые, кристаллические, газовые).

2) Геометрические – связанные с отклонением от заданных в конструкторской документации параметров.

3) Технологические – связанные с неправильно подобранными технологическими параметрами работы оборудования.

4) Визуальные – связанные с нетоварным видом изделия.

Разберем каждую из этих групп более подробно.

1) Различные виды включений.

Твердые включения. Основные причины возникновения твердых включений в изделии следующие: некачественные сырьевые материалы (в частности, привозной стеклобой с большим количеством загрязнений, пробок, этикеток, отличного по составу стеклобой и т.д.), плохой контроль за процессом составлением шихты и оборудованием составного цеха, разрушение огнеупора в печи и питателях.

Кристаллические включения. Основные причины их возникновения заключаются в неправильно подобранных тепловых режимах работы печи и питателей (в следствии чего может произойти подъем донных слоев и застойных зон). Неправильно составленный рецепт шихты. Наличие в стекломассе твердых включений, которые могут послужить центрами кристаллизации [8,9].

Газовые включения. Причин возникновения газовых включений очень много и, к сожалению, полное их устранение невозможно. Причины могут быть следующие: некачественные сырьевые материалы, неверно составленный рецепт шихты, неправильная загрузка шихты в печь, неверно подобранные: температурные режимы варки, давление в печи, режим работы барботажа, температурные режимы работы питателя, положение плунжера или режим работы; возникновение вторичного перегрева в выработочном канале или питателях, неправильная конструкция печи, неверное соотношения газ/воздух в печи и каналах питателя, низкое качество используемой каплеобразующей керамики (бушинг, плунжер), низкий уровень стекла

в бушинге, большой износ чаши, неправильно установленное очко, неверно подобранные форма капли и режим работы машины, чрезмерный опрыск ножниц, плохо подготовленные доставочные лотки, плохое состояние формокомплекта.

2) Геометрические. В эту группу браков попадают браки нарушающие заданные геометрические параметры изделия.

К таким бракам относятся: диаметр горла больше/меньше нормы, высота больше/меньше нормы, непараллельность перпендикулярность, деформация корпуса и венчика, тонкая стенка, продутость, разнотолщинность, недопрессовка (в частности, альфа- или дот- кода, номера формы, логотипа завода, этикеточного поля, орнамента). Все виды этих браков возникают из-за того, что в определенном моменте производства стекло получается слишком высокой или низкой температуры. Это является первопричиной, а приводит к этому неправильно подобранные: температура капли, скорость стеклоформирующей машины, режим работы машины; проблемы с формокомплектом (их может быть очень много, начиная с забытых вакуумных отверстий и заканчивая несоответствием форм конструкторской документации) [3,6].

3) Технологические. Чаще всего эта группа браков сказывается не на геометрических или внешних параметрах продукции, а на ее эксплуатационных свойствах. К этой группе браков относятся следующие: стеклянная нить, свили, неоднородность, различные виды складок, кованость, «апельсиновая корка», залив горла, припар, прилепы, различные виды посечек, трещины, бой, несоответствующего качества отжиг (как качественный, так и количественный), грубые швы, морщины, стеклянный шип, сколы, потертости. Все эти браки в значительной степени снижают прочностные характеристики изделия (как механическую прочность, так и термостойкость), поэтому определение причин их возникновения очень важно. Например, морщины чаще всего возникают из-за плохой промазки форм, кованость из-за слишком низкой температуры форм, грубые швы из-за плохого сопряжения форм, складки из-за слишком большой температуры стекла. В отдельную группу можно отнести браки, которые возникают из-за неправильно настроенного оборудования с механической точки зрения. Например, прилепы возникают из-за неправильно подобранной скорости сетки печи отжига относительно скорости стакера, потертости и сколы из-за неправильно подобранных скоростей транспортировочных конвейеров, трещины и бой возникают из-за неправильно подобранной температуры в печи отжига или

возникновения в печи отжига сильного потока холодного воздуха. Определение причин возникновения технологического брака очень непростая задача, так как присутствует огромное количество мест его возникновения. Были перечислены самые часто встречающиеся причины возникновения тех или иных браков. Для поиска конкретных причин необходимо обращать внимание на форм-фактор брака, место его нахождения на изделии, его количество, изменение технологических параметров за последнее время на всех этапах производства [5].

4) Визуальные. Это самая малочисленная группа браков и самая безопасная с экономической точки зрения, так как большее количество брака, попадающее в эту группу, можно ликвидировать, не теряя готовую продукцию. К этой группе браков относятся: след от эмульсии, ржавчина, иризация (изделие становится сызым из-за слишком большого количества горячего напыления), грязь.

Самое важное в процессе производства, неправильно выбранное положение плунжера или режим его работы. Быстрое обнаружение брака, поиск его причин, их устранение – это совместная работа всех специалистов на каждом этапе производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О. Технология архитектурно-строительного стекла // Белгород. – 2023. – с. 132.

2. Скворцов, А.А. Влияние различных производственных факторов на ударопрочность стеклянной тары / А. А. Скворцов, И. Д. Сухонослова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 20–21 мая 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 148-153.

3. Леушин, И.О. Влияние структуры чугуна на образование эксплуатационных дефектов стеклоформирующей оснастки / И. О. Леушин, Д. Г. Чистяков, В. А. Володин // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2015. – № 11. – С. 111-123.

4. Сигаев, В.Н. Стеклообразование и кристаллизация стекол лтийалюмосиликатной системы: влияние вида сырьевых материалов на варочные и кристаллизационные свойства / В. Н. Сигаев, В. И. Савинков, Е. Е. Строганова [и др.] // Стекло и керамика. – 2014. – № 7. – С. 3-7.

5. Черныш, Д.С. Основные виды изделий из стекла и способы производства / Д. С. Черныш, А. А. Мещерякова // Современные

вопросы автоматизации и систем управления в технических, организационных и экономических системах : материалы Национальной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Воронеж, 27 марта 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. – 2023. – С. 148-152.

6. Гуляян, Ю.А. Формование стеклоизделий (обзор) / Ю. А. Гуляян // Стекло и керамика. – 2017. – № 9. – С. 3-14.

7. Минько, Н.И. Использование стекла и изделий из него в современном строительстве / Н. И. Минько, А. Б. Аткарская, С. А. Кеменов // Строительные материалы. – 2008. – № 10. – С. 91-95.

8. Васенева, Н.А. Стекло: состояние и перспективы развития / Н. А. Васенева, Р. Р. Фахрутдинова // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2017. – № 2. – С. 33-35.

9. Гуляян, Ю.А. Поверхностные явления в технологии стекла / Ю. А. Гуляян // Стекло и керамика. – 2006. – № 5. – С. 10-18.

УДК 666.122.2

Скворцова И.Д., Скворцов А.А., Бондаренко В.О.

***Научный руководитель: Бондаренко Н.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

СВЕТОПРОПУСКАНИЕ ТАРНЫХ СТЕКОЛ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА ОСНОВЕ ПЕСКОВ РАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Актуальной проблемой в сфере стекольного производства является истощение доступных природных ресурсов, удаленность сырьевых баз от производственных мощностей и большая нехватка дополнительных месторождений. Создание сырьевой основы для производства стеклянной тары является важной задачей для экономики страны. Ключ достижения поставленной цели лежит во внедрении в производственные процессы уже имеющихся видов сырья. [1, 2].

Для выбора природного сырья, наиболее подходящего для применения в сфере стекольной промышленности необходимо ориентироваться в его химическом и гранулометрическом составе. Для песков такой характеристикой является соотношение основного вещества - SiO_2 и примесей – оксидов железа. В различных условиях варки стекломассы, в зависимости от окислительно-

восстановительного потенциала шихты, наблюдается преобладание наблюдается преобладание ионов трехвалентного железа (Fe^{3+}) или двухвалентного железа (Fe^{2+}) [3]. На изменение данного соотношения возможно повлиять через различные производственные факторы, в том числе ОВП стекломассы, температура варки, состав стекломассы и другие.

Данная работа ставит перед собой задачу исследовать потенциал кварцсодержащих материалов из разных месторождений и найти оптимальное сочетание обесцвечивающих добавок. Конечная цель – создание стекла с идеальным составом и высоким уровнем светопропускания.

Поддержание баланса в соотношении ионов трехвалентного железа (Fe^{3+}) и двухвалентного железа (Fe^{2+}) неоднократно подчеркивалась в научной литературе [4-8]. Преобладание ионов двухвалентного железа не допускается, так как при равном содержании ионов двухвалентного и трехвалентного железа в образцах, образцы с завышенным содержанием двухвалентного железа имеют худшую светопропускаемость.

В качестве исходного сырья был использован кварцевый песок Дубровского месторождения, кварцевый песок Чулковского месторождения, известняк АО «Капитал Магнезит», доломит месторождения АО «Капитал Магнезит». Также была использована сода кальцинированная ООО «Крымский содовый завод», сульфат натрия (АО «ИнвестХим»). Химический анализ песка представлен в табл. 1-2.

Таблица 1 – Химический состав песка Дубровского месторождения

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Fe_2O_3	%	0,03
Al_2O_3	%	0,09
SiO_2	%	99,87
H_2O	%	0,010

Таблица 2 – Химический состав песка Чулковского месторождения

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Fe_2O_3	%	0,19
Al_2O_3	%	1,28
SiO_2	%	98,52
H_2O	%	0,010

В качестве экспериментального состава, был выбран состав стекла марки БТ-1 (табл. 3) [9]. В табл. 4 приведено соотношение обесцвечивателей в испытательных образцах, сваренных на основе песка Дубровского месторождения и песка Чулковского месторождения. В состав образцов 1,2 входит песок Дубровского месторождения, в состав образцов 3-6 – Чулковского месторождения.

Таблица 3 – Химический состав стекла

Стекло	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
Тарное (марка БТ-1)	71,0	2,5	10,0	2,0	13,0	1,0	0,5

Таблица 4 – Образцы стекол с добавками для обесцвечивания

Содержание, мас. %	№ Образца					
	1	2	3	4	5	6
CeO ₂	-	0,25	0,15	0,5	0,5	1,0
K ₂ O	-	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0

Характер стеклянной матрицы, в частности ее кислотность, определяет восстановительные свойства стекла. Когда кислотность матрицы возрастает, восстановительный потенциал стекла увеличивается, что приводит к смещению равновесия $Fe^{2+} \leftrightarrow Fe^{3+}$ в сторону образования Fe^{2+} . Напротив, увеличение основности смещает это равновесие в сторону Fe^{3+} . Окислители играют ключевую роль в обесцвечивании стекла, перевода Fe^{2+} в Fe^{3+} .

Исследования В. А. Федоровой, Н. Ф. Жерновой и Н. И. Минько [6, 7] посвящены изучению влияния окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) шихт на процесс стекловарения и конечные свойства стекла. В наших экспериментах мы наблюдали постепенное изменение цвета стекла: от сине-зеленого к желто-зеленому, а затем к бесцветному или слабо желтоватому. Это наглядно демонстрирует, что при восстановительных условиях (ОВП до –20) преобладает форма Fe (II), придающая стеклу синий оттенок. Сочетание Fe (II) и Fe (III) приводит к сине-зеленому окрашиванию. При переходе к окислительным условиям равновесие смещается в сторону Fe (III), это приводит к зеленому окрашиванию. После достижения высокого окислительного потенциала стекло обесцвечивается. Эти выводы легко доказать через анализ спектральных данных стекол (до 1000 нм), погрешность измерения светопропускания составляет не более 0,5 %, зависимость представлена на рис. 1.

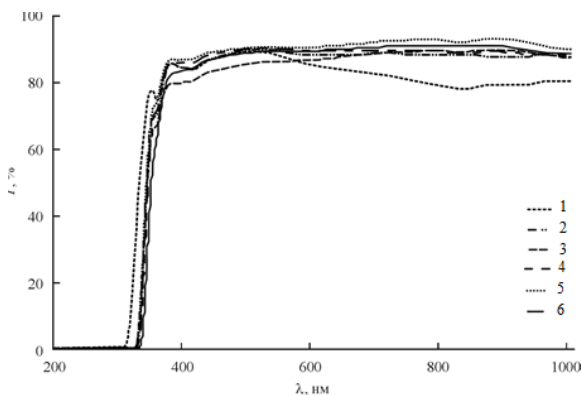


Рис. 1. Спектральные кривые пропускания стекол нескольких образцов для тарного стекла с различными добавками

Анализ графиков демонстрирует увеличение светопропускания с повышением концентрации обесцвечивателей. Данное наблюдение позволяет предположить, что введение этих веществ способствует окислению железа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машин, В.А. Кварцевый песок для стекольной промышленности. Российский и импортный/ В.А. Машин // Стекло и керамика. – 2013. – № 9. – С. 10-11.
2. Бондаренко, Н.И.. Изучение возможности использования колеманита для получения эмалей по стали / Н.И. Бондаренко, З.В. Павленко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2020. – № 10. – С. 57– 62.
3. Скворцова, И.Д. Зависимость окрашивания стекла от ОВП шихт / И. Д. Скворцова, А. А. Скворцов // Сборник докладов Международной научно-технической конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Сборник докладов конференции, Белгород, 29–30 мая 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 2025. – С. 149-153.
4. Гербер, Д.В. Применение природного комплексного сырья в производстве тарного стекла/ Д.В. Гербер // Стекло и керамика. – 2014. – № 5. – С. 10—14.
5. ГОСТ 111—2014. Стекло листовое бесцветное. Технические условия. М., 2015. 12 с.

6. Минько, Н.И. Избранные труды. Белгород: Изд-во БГТУ В. Г. Шухова, 2004. 545 с.

7. Жерновая, Н.Ф. Контроль цвета и окислительно-восстановительного баланса тарного стекла / Н. Ф. Жерновая, В. И. Онищук, Б. Давыдоглу // Стекло и керамика. – 2007. – № 4. – С. 3-6.

8. Минько, Н.И. Влияние окислительно-восстановительного потенциала шихты на процессы варки и свойства стекол / Н. И. Минько, И. И. Морозова // Стекло и керамика. – 2014. – № 7. – С. 8-11.

9. Гуляян Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий. Владимир: Транзит—Икс, 2003. 480 с.

УДК 666.762

Скороходова М.Р.

Научный руководитель: Иванова В.Ф., преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК ЭЛЕМЕНТ ПАССИВНОЙ ПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Пожарная безопасность зданий и сооружений представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предупреждение возникновения пожаров, ограничение их распространения и минимизацию последствий. Существенное место в этой системе занимают средства пассивной пожарной защиты, к числу которых относятся огнеупорные материалы. Они обеспечивают конструктивную устойчивость зданий при высоких температурах, препятствуют распространению огня и дыма, а также сохраняют целостность ограждающих конструкций в течение заданного времени.

Огнеупорные материалы представляют собой важную категорию веществ и композитов, обладающих способностью сохранять свои физико-химические свойства и структурную целостность при воздействии высоких температур, характерных для пожара. Это материалы, температура размягчения которых превышает 1580 °С[1]. В пожарной безопасности огнеупорные материалы рассматриваются как один из ключевых элементов пассивной противопожарной защиты, обеспечивающий термическую стойкость строительных конструкций, и способствующий сохранению прочности и целостности элементов зданий и сооружений в условиях пожара.

Классификация огнеупорных материалов может осуществляться по различным критериям, среди которых наиболее распространёнными являются состав, структура, область применения и эксплуатационные характеристики. По химическому составу огнеупорные материалы подразделяются на кислые (диныс, кварцит), основные (например, магнизальные материалы), нейтральные (графит, хромит) и нейтральные (углеродистые огнеупоры; хромиты, шамоты, хромомагнезитовый кирпич). По технологической форме и конструктивному исполнению огнеупорные материалы делятся на следующие группы: монолитные (бетоны и массы), формованные (кирпичи, блоки), волокнистые (маты, плиты, войлок) и порошкообразные (огнеупорные порошки, применяемые в составе штукатурных и обмазочных составов). В строительстве применяют конструкционные огнеупоры, предназначенные для возведения тепловых агрегатов, печей и других термонагруженных объектов[2].

Особую группу составляют специализированные материалы для защиты металлических, деревянных и железобетонных конструкций. К ним относятся огнезащитные краски и лаки (в том числе вспучивающиеся составы), обмазки и штукатурки, теплоизолирующие плиты и панели, а также герметики и противопожарные уплотнители, предназначенные для герметизации технологических и монтажных швов, узлов прохождения инженерных коммуникаций и других потенциально уязвимых участков строительной оболочки[3].

В Российской Федерации требования к огнеупорным материалам определяются рядом нормативных документов, включая: Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; СП 2.13130.2020 «Системы обеспечения огнестойкости объектов защиты»; ГОСТ 28874-2004 «Огнеупоры». Широкая нормативная база позволяет обеспечивать пожарную безопасность при строительстве и эксплуатации зданий.

Огнеупорные материалы играют ключевую роль в системе пассивной пожарной защиты зданий и сооружений, обеспечивая устойчивость строительных конструкций к воздействию высоких температур и предотвращая распространение огня и продуктов горения по внутренним и внешним пространствам объекта. Это обеспечивает условия для безопасной эвакуации людей и сохранности материальных ценностей. В этой системе огнеупорные материалы выполняют функции структурной, теплоизоляционной и ограждающей защиты, действующей с момента возникновения пожара без необходимости внешнего вмешательства. При использовании огнеупорных покрытий,

плит, обмазок или панелей увеличивается время, в течение которого конструкция способна противостоять разрушению под действием высоких температур. Это особенно актуально для металлических и деревянных конструкций, теряющих прочность уже при температуре около 500 °С, что может привести к прогрессирующему обрушению здания[4].

Кроме обеспечения термостойкости, огнеупорные материалы препятствуют горизонтальному и вертикальному распространению огня, выполняя функцию пространственного разделения внутри здания. Эффективно организованные противопожарные преграды сдерживают развитие очага возгорания, локализуют огонь в пределах одного помещения или отсека, ограничивая тепловое и дымовое воздействие на смежные участки. Это особенно важно в зданиях с массовым пребыванием людей, в том числе в учебных заведениях, медицинских учреждениях, торговых и административных центрах.

На объектах с повышенной пожарной нагрузкой (склады ГСМ, производственные цеха, архивные хранилища и др.) огнеупорные материалы являются необходимым элементом защиты технологических узлов, кабельных трасс и конструкций, контактирующих с легковоспламеняющимися веществами. В таких случаях они обеспечивают как снижение вероятности возникновения вторичных возгораний, так и структурную устойчивость здания в случае локального термического воздействия. Также активно развивается направление создания огнеупорных материалов с низкой теплопроводностью и высокой устойчивостью к термоудару, что особенно важно для критически важных инфраструктурных объектов[5].

Современные технологии в области огнеупорных материалов ориентированы на повышение их эффективности, экологичности и удобства применения. Особое развитие получили интумесцентные (вспучивающиеся) покрытия, которые при нагревании образуют теплоизоляционный слой, наноструктурированные материалы, обеспечивающие тонкую, но высокоэффективную огнезащиту и комбинированные огнезащитные системы, включающие в себя несколько слоёв с различным функционалом[6].

Таким образом, огнеупорные материалы формируют основу конструктивной защиты от пожаров и являются неотъемлемой частью архитектурно-строительных решений, направленных на реализацию требований пожарной безопасности. Их применение позволяет минимизировать риски разрушения зданий и инженерных систем,

ограничить материальный ущерб, а также обеспечить условия для защиты жизни и здоровья людей. Эффективность пассивной защиты напрямую зависит от правильного выбора и нормативного применения огнеупорных материалов, что требует комплексного подхода к проектированию, строительству и эксплуатации объектов капитального строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волочко, А. Т. Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы / А.Т. Волочко. - Москва: Огни, 2013. - 749 с.
2. Преображенский, А.А Магнитные материалы и элементы / А.А, Преображенский, Е.Г. Бишард. - М, 2014. - 521 с.
3. Пэйгано, Н. Межслойные эффекты в композитных материалах / Н. Пэйгано. - М, 2014. - 621 с.
4. Воронов Г.В., Старцев В.А. Огнеупорные материалы и изделия в промышленных печах и объектах вспомогательного назначения // учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. 303 с.
5. Современные огнеупоры: ресурсосбережение и применение в металлургических технологиях: Сб. научн. тр. / под ред. проф., д.т.н. А.Н. Смирнова. Донецк: ДонНТУ. 2013. 200 с.
6. Радоуцкий В.Ю., Полуянов В.П. Тактика сил РСЧС и ГО Белгород: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. 225 с

УДК 621.923.7

Смагина А.Р., Колесова А.С., Дудина Е.И.

Научный руководитель: Перетокина Н.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА КЕРАМИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ

Современное промышленное производство характеризуется постоянно возрастающими требованиями к точности и качеству обработки материалов. В этом контексте абразивные инструменты на керамической связке продолжают оставаться незаменимым элементом технологических процессов в машиностроении, авиационной и автомобильной промышленности. Особенностью последнего

десятилетия стало активное внедрение инновационных подходов к созданию абразивного инструмента, что обусловлено необходимостью обеспечения повышенных эксплуатационных характеристик при одновременном снижении себестоимости производства.

Актуальность данной темы определяется необходимостью систематизации накопленного опыта и выделения наиболее перспективных направлений совершенствования технологии. Особую значимость приобретает разработка комплексных решений, позволяющих оптимизировать весь производственный цикл - от выбора сырья до финальной оценки качества готовой продукции.

Современная практика производства абразивных инструментов демонстрирует переход от эмпирического подхода к формированию рецептур к научно обоснованным методам проектирования состава формовочных смесей. Как отмечают исследователи [1], ключевым аспектом становится учет взаимовлияния компонентов смеси на формирование структуры инструмента в процессе последующей термической обработки.

Важным достижением последних лет стало внедрение математических методов планирования эксперимента, позволяющих не только оптимизировать состав смесей, но и прогнозировать свойства готового инструмента. Использование регрессионного анализа и методов оптимизации многофакторных процессов позволяет существенно сократить количество экспериментальных испытаний при одновременном повышении точности подбора рецептуры [2].

Современное оборудование для приготовления формовочных смесей характеризуется высокой степенью автоматизации и точности дозирования компонентов. Как показывает практика ведущих производителей, применение компьютерных систем контроля параметров смешивания позволяет достичь максимальной однородности состава, что непосредственно влияет на стабильность характеристик готовой продукции.

Особого внимания заслуживает разработка специализированных смесителей с программируемыми режимами обработки, обеспечивающих оптимальное распределение связующего по поверхности абразивных зерен. Инновационные решения в конструкции рабочих органов смесительного оборудования позволяют минимизировать повреждение абразивных зерен в процессе приготовления смеси, что особенно важно для инструментов ответственного назначения [3].

Современные тенденции в технологии формования абразивных инструментов характеризуются переходом к методам прессования с компьютерным управлением параметрами процесса. Как свидетельствуют результаты исследований [4], применение систем активного контроля давления прессования в реальном времени позволяет компенсировать неоднородности уплотнения смеси.

Перспективным направлением является разработка комбинированных методов уплотнения, сочетающих статическое и динамическое воздействие на формовочную смесь. Использование виброимпульсного прессования демонстрирует значительное улучшение однородности плотности инструментов сложной конфигурации, что особенно актуально для профильных кругов и инструментов с изменяющимся сечением [5].

Внедрение роботизированных комплексов в процессы формования стало характерной чертой современных производств. Автоматизированные формовочные линии обеспечивают не только высокую производительность, но и исключительную стабильность качества продукции. Системы машинного зрения, применяемые для контроля правильности сборки пресс-форм и положения формовочных плит, позволяют минимизировать влияние человеческого фактора.

Важным аспектом современной автоматизации является интеграция систем контроля качества в технологический процесс формования. Онлайн-мониторинг геометрических параметров и массы заготовок позволяет осуществлять оперативную корректировку технологических параметров, предотвращая выход бракованной продукции [6].

Современные исследования в области сушки абразивных инструментов направлены на поиск компромисса между скоростью процесса и сохранением целостности структуры заготовки. Как показывают экспериментальные данные, применение ступенчатых режимов сушки с программируемым изменением температуры и влажности сушильного агента позволяет значительно снизить вероятность образования дефектов.

Интерес представляет использование комбинированных методов сушки, в частности, сочетание конвекционного и радиационного нагрева. Такой подход обеспечивает более равномерное распределение температуры по объему заготовки, что особенно важно для инструментов больших размеров. Исследования демонстрируют, что грамотная комбинация методов сушки позволяет сократить

продолжительность процесса на 25-30% без ухудшения качества продукции [1].

Современные печи для обжига абразивных инструментов представляют собой сложные теплотехнические комплексы с многоуровневой системой управления. Внедрение прецизионных систем регулирования температурного режима позволяет точно поддерживать заданные параметры обжига, что обеспечивает стабильность свойств готовой продукции.

Важным направлением совершенствования технологии обжига является оптимизация газовой среды в рабочем пространстве печи. Разработка систем автоматического контроля и регулирования состава атмосферы позволяет создавать оптимальные условия для спекания различных типов керамических связей. Особое значение это имеет для инструментов на основе карбида кремния, требующих строго окислительной среды во избежание термического разложения [2].

Традиционные методы контроля твердости, такие как пескоструйный и метод вдавливания шарика, постепенно дополняются и заменяются более совершенными неразрушающими методиками. Акустический метод контроля, основанный на корреляции между скоростью распространения ультразвука и твердостью материала, позволяет осуществлять 100% контроль выпускаемой продукции без ее повреждения.

Перспективным направлением является разработка комбинированных методов контроля, сочетающих несколько физических принципов. Современные исследователи работают над созданием систем, одновременно анализирующих акустические, магнитные и термические характеристики инструмента, что позволяет получать более полную информацию о его свойствах [3].

Проведенный анализ современных тенденций в технологии производства абразивных инструментов на керамической связке демонстрирует развитие всех составляющих производственного процесса. Наиболее значимые изменения наблюдаются в области автоматизации технологических процессов и внедрения систем многоуровневого контроля качества.

Также можно сделать вывод о стремительном росте технологии производства абразивных инструментов на керамической связке, характеризующейся переходом к комплексной автоматизации и внедрению системного подхода на всех этапах производственного цикла. Существенные изменения затронули базовые технологические процессы. Достижение требуемых показателей обеспечивается за счет

применения прецизионного дозирования компонентов, комбинированных методов уплотнения, а также строгого контроля параметров сушки и обжига, что в совокупности гарантирует формирование заданной структуры и свойств инструмента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коряков И.М. Современные абразивные инструменты и технологии: учебное пособие. - М.: ИНФРА-М, 2020. - 268 с.
2. Смагина А. Р., Трепалина Ю. Н., Трепалин Д. В., Мишин Д. А., Сыса О. К. Разработка и исследование керамической связки для производства абразивного инструмента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2025. - №. 8. - С. 96-106. DOI: <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2025-10-8-96-106>
3. Карпов В.С. Контроль качества абразивных инструментов: современные методы и средства. - М.: Машиностроение, 2019. - 215 с.
4. Беляев Н.Н. Шлифовальные инструменты с керамической связкой: теория и практика применения. - М.: Технополис, 2017. - 192 с.
5. Петров А.А. Совершенствование технологии термической обработки абразивных инструментов // Вестник машиностроения. - 2020. - № 8. - С. 45-49.
6. Семенов И.В. Неразрушающий контроль абразивно-керамических материалов // Контроль. Диагностика. - 2021. - № 3. - С. 28-33.

УДК 658.51

Смагина А.Р., Колесова А.С., Дудина Е.И.
Научный руководитель: Добринская О.А., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ БЕЗДЕФЕКТНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ (ZQC) И МЕТОДА «ДЗИДОКА» ДЛЯ СНИЖЕНИЯ БРАКА В ПРОИЗВОДСТВЕ АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ

Предприятия, специализирующиеся на производстве абразивного инструмента на керамическом связующем, сталкиваются с рядом проблем, связанных с качеством продукции. Многостадийный производственный процесс, включающий смешивание, формование,

сушку и высокотемпературный обжиг, является сложным и чувствительным к отклонениям. Такие дефекты, как трещины, коробление, и неравномерная твердость, часто обнаруживаются только на конечных этапах производства.

Это приводит к значительным потерям ценного сырья (абразивных материалов, связующих компонентов), энергоресурсов, затраченных на обжиг дефектной продукции, и загрузки мощностей на переделку. Традиционные методы статистического контроля качества, предполагающие выборочный контроль и последующий анализ, недостаточны для достижения кардинального снижения процента брака. Это обуславливает необходимость внедрения встроенных систем управления качеством, которые предотвращают возникновение дефектов в источнике их возникновения. Наиболее эффективной философией для решения данной задачи является бережливое производство, а в его рамках – система бездефектного изготовления (Zero Quality Control – ZQC) и метод «Дзидока» (Jidoka).

1. Теоретические основы ZQC и Дзидока.

Система ZQC, разработанная японским инженером Сигео Синго, – это набор методов и принципов, направленных не на выявление дефектов, а на полное предотвращение самой возможности их возникновения [1]. ZQC – это технологическая система, встроенная в производственный процесс. Синго отделил человеческую ошибку от самого дефекта, утверждая, что ошибки неизбежны, а дефекты – нет, если процесс правильно организован.

Метод «Дзидока» часто переводится как «автономизация с человеческим интеллектом», его суть заключается в наделении оборудования способностью самостоятельно обнаруживать отклонения (например, дефекты, неполадки) и немедленно останавливаться, сигнализируя о проблеме [2]. Это позволяет одному оператору обслуживать несколько единиц оборудования и предотвращает выпуск потока дефектных изделий.

Основным инструментом как ZQC, так и Дзидока является «принцип нулевой ошибки» («пока-ёкэ»), реализация которого достигается путём использования простых и недорогих технических устройств или методов, которые не допускают совершения ошибки либо мгновенно сигнализируют о её возникновении [3].

Устройства Пока-ёкэ делятся на два типа:

- контролирующие устройства – останавливают процесс или оборудование при обнаружении отклонения.

- предупреждающие устройства – включают световой или звуковой сигнал для привлечения внимания оператора.

Фундаментальный принцип заключается в том, что контролирующие устройства являются более эффективными, так как физически предотвращают продолжение процесса в дефектных условиях.

2. Анализ типичных дефектов при производстве абразивных кругов на керамической связке и их причин.

Для эффективного внедрения ZQC необходимо проанализировать поток создания ценности и выявить точки, в которых возникают критические дефекты:

- трещины после обжига – вызваны неправильным режимом сушки (слишком быстрой), неравномерным нагревом/охлаждением в печи или внутренними напряжениями из-за неправильного формования;

- коробление – является следствием неравномерной загрузки печи, перепада температур по объему печи или неоднородной плотности прессованной заготовки;

- отклонение твердости – вызвано неточным дозированием компонентов (абразива, связки, увлажнителя), неравномерным перемешиванием или отклонением от заданного температурно-временного графика обжига;

- мягкие пятна (неоднородность структуры) – являются следствием расслоения смеси, загрязнения смеси посторонними частицами или неравномерного прессования.

Коренной причиной большинства этих дефектов является человеческая ошибка или уход параметров процесса на начальных стадиях (смешивание, формование), который проявляется лишь после необратимого процесса обжига.

3. Модель внедрения ZQC и Дзидока в производство абразивного инструмента.

Предлагаемая модель включает следующие этапы:

1. Организация рабочего места и визуализация процессов (Система 5S).

Прежде чем внедрять сложные технические решения, необходимо навести порядок на рабочем месте. Внедрение системы 5S в зонах смешивания и прессования обеспечивает хранение инструментов, оснастки и измерительных приборов в специально отведенных, промаркированных местах [4]. Это предотвращает использование неправильных компонентов или загрязненного оборудования. Цветовая

маркировка контейнеров для разных типов абразивов и связок является первичной формой визуального контроля и простым Пока-ёкэ.

2. Разработка стандартизированной работы.

Для критически важных операций (взвешивание, смешивание, прессование) должны быть разработаны детальные стандартные операционные процедуры (СОП). Эти инструкции, расположенные непосредственно на рабочем месте и содержащие фото и схемы, стандартизируют наилучшие методы работы и минимизируют вариативность, вызванную человеческим фактором [5].

3. Внедрение устройств Пока-ёкэ.

Взвешивание и дозирование компонентов: установка концевых выключателей на весах. Система не позволяет оператору перейти к следующему шагу, если вес компонента выходит за допустимый диапазон.

Смешивание: установка датчика на крышке смесителя, блокирующего начало цикла, если крышка не закрыта надежно. Внедрение таймера с сигналом, указывающим на окончание цикла смешивания, предотвращает недомес или перемол.

Прессование: использование датчиков для контроля наличия и правильного положения пресс-формы. Установка датчика давления в прессе, который остановит его, если не достигнуто требуемое усилие прессования. Применение RFID-меток на оснастке, которые передают прессу требуемую программу прессования, исключая ошибки установки параметров.

Обжиг: установка автономной системы контроля температуры и атмосферы в разных зонах печи. При отклонении параметров от стандарта система оповещает оператора (сигнал Андон) или автоматически переводит печь в безопасный режим (цикл охлаждения), предотвращая порчу всей партии.

4. Внедрение системы Андон.

В производственной зоне должен быть установлен щит Андон, отображающий статус каждого участка (например, «Норма», «Наладка», «Проблема»). Если срабатывает устройство Пока-ёкэ или оператор обнаруживает отклонение, он активирует сигнал Андон (например, желтый или красный свет), вызывая немедленную помощь. Это обеспечивает оперативное реагирование на проблемы и предотвращает конвейер дефектов.

5. Обучение персонала и создание кружков качества.

Персонал должен понимать не только «как» пользоваться устройствами Пока-ёкэ, но и «зачем» это нужно. Обучение должно

охватывать принципы ZQC и Дзидока. Создание Кружков качества позволит вовлечь рабочих в процесс непрерывного совершенствования — выявления новых потенциальных источников ошибок и разработки предложений по новым устройствам Пока-ёкэ [6].

Ожидаемые результаты и оценка эффективности.

Внедрение описанной модели позволит достичь следующих результатов:

- снижение процента брака – ожидаемое сокращение брака и переделок на 40-60% за счет предотвращения дефектов в источнике.
- снижение себестоимости продукции – экономия на сырье, энергии и трудозатратах на переделку дефектной продукции.
- сокращение времени производственного цикла – исключение времени, затрачиваемого на обработку и контроль бракованных изделий.
- повышение общей эффективности оборудования (OEE) – сокращение потерь из-за дефектов напрямую увеличивает показатель Overall Equipment Effectiveness.
- создание культуры качества – смещение фокуса с выявления дефектов на их предупреждение, повышение ответственности и вовлеченности персонала.

Внедрение системы ZQC и метода Дзидока является не разовой технической модернизацией, а стратегическим подходом к перестройке всей производственной культуры предприятия абразивного инструмента.

Переход от традиционного контроля качества к встроенному контролю качества позволяет приблизиться к идеалу «нуля дефектов». Внедрение простых и недорогих устройств Пока-ёкэ на этапах подготовки, смешивания и прессования в сочетании с автономным контролем процесса обжига создает надежный барьер на пути возникновения основных видов дефектов. Данный подход, подкрепленный обучением персонала и стандартизацией всех операций, обеспечивает значительный экономический эффект и повышает конкурентоспособность предприятия на рынке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вялов, А. В. Бережливое производство: учеб. пособие / А. В. Вялов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2014. – 100 с.

2. Вумек, Д.П. Бережливое производство: как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Джеймс П. Вумек, Дениэл Т. Джонс; пер. с англ. – 2-к изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 164 с.

3. Ноль дефектов: система ZQC / пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 128 с.

4. Имаи, М. Гемба кайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества / Масааки Имаи; пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 345 с.

5. Производство без потерь для рабочих / пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 152 с.

6. Кижук А.С., Гольцов Ю.А. Анализ технических средств в структуре систем управления и их выбор при проектировании: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 242с.

УДК 666.792

Смагина А.Р., Колесова А.С., Дудина Е.И.

Научный руководитель: Трепалина Ю. Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ СВЯЗКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Производство абразивного инструмента на керамической связке является энергоемким процессом, традиционно требующим высоких температур обжига в диапазоне 1200–1300°C [1]. Такие режимы не только обуславливают значительные производственные затраты, но и создают риск термической деградации высокоактивных абразивных материалов, таких как синтетический алмаз, что ограничивает их применение [2]. В связи с этим, задача разработки низкотемпературных керамических связок (НТКС), обеспечивающих спекание при температурах 800–950°C, приобретает высокую научную и практическую значимость.

Основной сложностью при создании НТКС является формирование достаточного количества низковязкой жидкой фазы в процессе обжига для обеспечения прочного спекания абразивных зерен между собой и с основой инструмента, без существенного ухудшения механических характеристик получаемого материала [3]. Наиболее эффективным путем снижения температуры спекания является

введение в состав связки минерализаторов и плавней, таких как бор- и литийсодержащие соединения [4].

В последние десятилетия исследования в области керамических связок акцентируют внимание на введении флюсов и модификаторов для снижения температуры спекания [5-6]. Каолин, как основной компонент, обеспечивает пластичность и структурную стабильность благодаря своей слоистой структуре и способности к дегидратации. Бура (тетраборат натрия) выступает флюсом, способствуя образованию жидкой фазы при относительно низких температурах и улучшая смачиваемость абразивных зерен. Углекислый литий снижает вязкость расплава и ускоряет диффузию ионов. Взаимодействия этих компонентов позволяют достичь баланса между прочностью, термостойкостью и экономичностью производства.

Для разработки связки использовались следующие компоненты высокой чистоты:

- каолин (65 мас. %) — глинистый минерал ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), обеспечивающий основу матрицы. Его роль — придание пластичности в сыром состоянии и формирование муллитовой фазы ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) при обжиге, повышающей механическую прочность и термостойкость;
- бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 20 мас. %) — флюс, снижающий температуру спекания за счет образования боратных расплавов ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$), которые уменьшают вязкость и улучшают диффузию;
- углекислый литий (Li_2CO_3 , 15 мас. %) — модификатор, разлагающийся при нагреве с выделением CO_2 и образованием Li_2O , который формирует эвтектические фазы с SiO_2 и Al_2O_3 , снижая точку плавления на 200–300°C.

Производственный процесс, адаптированный для низкотемпературной связки, включает последовательные этапы, направленные на обеспечение однородности, прочности и минимальных дефектов [2]. Все операции проводились в лабораторных условиях с контролем параметров для воспроизводимости.

1. Подготовка сырьевых материалов — компоненты связки (каолин, бура, углекислый литий) измельчались отдельно в шаровой мельнице до фракции менее 50 мкм (время измельчения — 2 часа при 300 об/мин) для равномерного распределения и предотвращения агломерации. Абразивы (электрокорунд P220 и эльбор) просеивались через сито с ячейкой 220 мкм для удаления крупных частиц и загрязнений. Фенольное связующее использовалось в порошкообразном виде без дополнительной обработки.

2. Смешивание компонентов — сухие ингредиенты (абразивы, связка) смешивались в планетарном смесителе в течение 45 минут при скорости 100 об/мин для достижения гомогенности. Сначала добавлялись абразивы, затем связка, и в конце — фенольное связующее (5–7% от общей массы) для улучшения адгезии. Влажность смеси контролировалась на уровне 2–3% путем добавления глицерина, чтобы обеспечить оптимальную прессуемость без образования комков. Для корпуса и алмазоносного слоя смеси готовились отдельно, с учетом пропорций для предотвращения диффузии между слоями.

3. Формование заготовки — использовалось горячее прессование в стальной форме, с нагревом формы до 150°C (для активации фенольного связующего). Давление составляло 50 кгс/см² и выдерживалось 10 минут под гидравлическим прессом. Процесс начинался с укладки смеси для корпуса, затем — алмазоносного слоя. Это позволяло сформировать заготовку без воздушных включений и трещин, с точными размерами (150×10×32×5 мм). После прессования заготовка охлаждалась при комнатной температуре в течение 30 минут.

4. Сушка — заготовки сушились в сушильном шкафу при 80°C в течение 24 часов с постепенным повышением температуры (скорость 2°C/мин) для удаления остаточной влаги и предотвращения растрескивания. Этот этап критичен для минимизации внутренних напряжений.

5. Обжиг — обжиг проводился в муфельной печи с программируемым контролем температуры. Режим разделен на два этапа:

- до 400°C с открытой дверцей печи (скорость нагрева 3°C/мин, выдержка 1 час) для полного выгорания органических компонентов.

- с закрытой дверцей температура повышалась до 900°C (скорость 5°C/мин, выдержка 2 часа) для спекания связки. В этот период бура и углекислый литий формируют жидкую фазу, обеспечивая диффузию. Охлаждение — естественное в печи со скоростью 2°C/мин до комнатной температуры.

6. Шлифование и контроль качества — после обжига круг подвергался механической обработке (шлифовка краев для точности размеров), визуальному осмотру на дефекты (трещины, пузыри) и измерению параметров.

Для исследования свойств изготовлены балочки размером 60×6×16 мм, по три для корпуса и алмазоносного слоя, с использованием аналогичного процесса (прессование и обжиг). Размеры и массы балочек до и после обжига представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Размеры и массы балочек до и после обжига

№	Тип состава	Размеры до обжига (Д/В/Ш, мм)	Масса до обжига, г	Размеры после обжига (Д/В/Ш, мм)	Масса после обжига, г
1	Корпусной	61,0 / 5,9 / 15,8	15,2	61,1 / 5,9 / 15,8	13,8
2	Корпусной	61,0 / 5,6 / 15,8	14,9	61,1 / 5,6 / 15,8	13,55
3	Корпусной	61,0 / 5,5 / 15,8	15,05	61,1 / 5,5 / 15,8	13,7
4	Алмазоносный	61,1 / 5,9 / 15,8	14,2	60,9 / 5,8 / 15,7	12,9
5	Алмазоносный	61,1 / 5,9 / 15,8	14,4	60,9 / 5,8 / 15,7	13,1
6	Алмазоносный	61,1 / 6,1 / 15,8	14,3	60,9 / 6,0 / 15,7	13,05

Расширение в корпусе по длине может быть вызвано газовыделением при выгорании СФП, компенсирующим усадку каолина. В алмазоносном слое усадка выше из-за низкого коэффициента теплового расширения эльбора, что приводит к более плотной упаковке. Потеря массы (~9%) обусловлена дегидратацией каолина (потеря ОН-групп) и полным выгоранием фенольного связующего, что типично для керамических систем с органическими добавками.

Определили водопоглощение, пористость и кажущуюся плотность образцов после обжига.

Определение массы насыщенного образца осуществляется с использованием метода гидростатического взвешивания. Пропитанный образец полностью погружают в насыщающую жидкость, поддерживая постоянный уровень жидкости в сосуде. Затем, удалив избыточную жидкость с поверхности образца с помощью предварительно смоченной в насыщающей жидкости губки или хлопчатобумажной ткани, проводят взвешивание. Это позволяет получить значение массы пропитанного образца с учетом насыщения жидкостью [4].

Таблица 2 – Определение водопоглощения, пористости и кажущейся плотности образцов

№	Масса сухая, г	Масса в воде, г	Масса насыщеная, г	Водопоглощение, %	Пористость, %	Плотность, г/см ³
1	13,8	10,8	15,1	9,42	30,23	3,21
2	13,55	9,9	15,0	10,70	28,43	2,66
3	13,7	10,4	15,0	9,49	28,26	2,98
4	12,9	8,2	14,4	11,63	24,19	2,02
5	13,1	10,0	14,4	10,31	27,78	2,98
6	13,05	9,2	14,7	10,53	27,17	2,37

Низкая усадка минимизирует деформации, водопоглощение в пределах 9–11% соответствует стандартам для абразивов (менее 12%), обеспечивая баланс прочности и гигроскопичности. Пористость 24–30% оптимальна для режущих инструментов, позволяя эффективный отвод тепла и стружки, в то время как плотность обеспечивает механическую стабильность. Алмазонасный слой менее порист, что связано с плотной упаковкой эльбора, но показывает большую вариабельность, требующую оптимизации смешивания. Двухэтапный обжиг с открытой дверцей до 400°C эффективно предотвратил дефекты от газовыделения, что подтверждает рациональность процесса.

Исследование подтвердило, что созданная керамическая связка обладает преимуществами для производства абразивных инструментов. Эксперимент с балочками показал, что связка обеспечивает минимальные изменения размеров (усадка менее 2%), водопоглощение в диапазоне 9–11% и пористость 24–30%, что идеально подходит для эльборовых кругов. Плотность в пределах 2,1–3,2 г/см³ гарантирует достаточную прочность, а обжиг при 900°C снижает энергозатраты, делая процесс более экологичным.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение износостойкости в реальных условиях, добавление наночастиц для снижения температуры обжига до 800°C и повышение однородности структуры. Эта разработка вносит вклад в развитие энергоэффективных технологий, способствуя прогрессу в области материаловедения и машиностроения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Производство абразивных материалов / А. С. Полубелова, В. Н. Крылов, В. В. Карлин и др., Под ред. В. Н. Крылова. Л.: Машиностроение, 1968. - 296 с.
2. Михайлов В.А., Кузнецов В.В., Лебедев В.А. Технология и оборудование производства абразивных материалов. Москва: Машиностроение, 2018. – 201 с.
3. Ковальчук Ю. М. Развитие производства абразивного, алмазного и эльборного инструмента. М.: Машиностроение, 1976. - 32 с.
4. Смагина А. Р., Трепалина Ю. Н., Трепалин Д. В., Мишин Д. А., Сыса О. К. Разработка и исследование керамической связки для производства абразивного инструмента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2025. - №. 8. - С. 96-106. DOI: <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2025-10-8-96-106>
5. Белоусов В.М., Горбунов А.В., Лебедев В.А. Абразивные материалы и технологии. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. – 23 с.
6. Бондаренко Д.О., Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С., Изофатова Д.И., Дюмина П.С., Волошко Н.И. Энергосберегающая технология получения силикат-глыбы для производства жидкого стекла // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. - С. 111–115.

УДК 666.926

Смирнов Д.В., Чернолихов И.А., Алешкин К.К., Хохлов Д.О.
Научный руководитель: Несмеянов Н.П., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

РАСЧЁТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДЕЗИНТЕГРАТОРОВ

Одним из параметров, определяющим эффективность процесса измельчения является производительность. Известно, что производительность зависит от пропускной способности внутреннего ряда ударных элементов, частоты вращения роторов, высоты ударного

элемента свету, расстояния между смежными ударными элементами внутреннего ряда и количества ударных элементов.

Производительность дезинтегратора рассчитывается по формуле:

$$Q = \pi \cdot b \cdot a^2 \cdot n \cdot z \cdot 10^{-5}, \quad (1)$$

где b - высота ударного элемента внутреннего ряда в свету, м;

a - расстояние между смежными ударными элементами внутреннего ряда, м;

n - частота вращения роторов, мин^{-1} ;

z - количество ударных элементов, шт.

В случае, когда частоты вращения роторов разные, формула (1) принимает следующий вид:

$$Q = n \cdot b \cdot a^2 \cdot \sqrt{n_1^2 \cdot n_2^2} \cdot z \cdot 10^{-5}, \quad (2)$$

где $n_1 \cdot n_2$ - частоты вращения роторов, мин^{-1}

Одним из главных факторов работоспособности дезинтеграторов является частота вращения роторов, влияющая на скорость ударного разрушения. Скорость ударного разрушения определяется по следующей формуле:

$$v \geq \sigma_{\text{сж}} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot V}{E \cdot G \cdot (1 - k^2)}} \quad (3)$$

где $\sigma_{\text{сж}}$ предел прочности частицы на сжатие (растяжение), Па;

g - ускорение свободного падения частицы, $9,81 \text{ м/с}^2$;

V - объем частицы измельчаемого материала, м^3 ;

G - сила тяжести, действующая на частицу, Н;

E - модуль упругости частицы измельчаемого материала, МПа;

k - коэффициент восстановления частицы при ударе.

Чтобы минимальной скорости удара было достаточно для разрушения

частиц измельчаемого материала, частота вращения ротора должна отвечать следующему условию:

$$n \geq \frac{15 \cdot \sigma_{\text{сж}}}{\pi \cdot R_{\text{в}}} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot V}{E \cdot G \cdot (1 - k^2)}} \quad (4)$$

Выражение (4) применимо для определения частоты вращения роторов дезинтегратора при измельчении материалов, прочность которых не более 7 единиц по шкале Мооса.

Мощность, потребляемая приводом дезинтеграторов, расходуется на: удар частицы измельчаемого материала об ударные элементы роторов $P_{\text{уд}}$; преодоление сил трения, возникающих между измельчаемым материалом и ударными элементами, а также сил трения между слоями материала $P_{\text{тр}}$; работу ротора как вент; преодоление сил

трения, возникающих в подшипниках вала вентилятора $P_{\text{вент}}$; ротора $P_{\text{п}}$; потери в приводном устройстве η .

Мощность, расходуемая на удар частицы измельчаемого материала об ударные элементы роторов, определяется по формуле:

$$P_{\text{уд}} = E \cdot n \cdot z \quad (5)$$

где n - частота вращения роторов, с^{-1} ;

E - кинетическая энергия материала при ударе, Дж:

$$E = \frac{m \cdot \vartheta^2}{2}, \quad (6)$$

где ϑ - скорость ударного элемента при ударе, м/с.

m - масса материала, выбрасываемого ударным элементом за один удар, кг:

$$m = \frac{Q}{n \cdot z}, \quad (7)$$

где Q - производительность дезинтегратора по готовому продукту, кг/с;

С учётом (6) формула (5) принимает вид:

$$P_{\text{уд}} = E \cdot n \cdot z = \frac{m \cdot \vartheta^2}{2} \cdot n \cdot z \quad (8)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения между измельчаемым материалом и ударными элементами, а также сил трения между слоями материала определяется по формуле:

$$P_{\text{тр}} = A_{\text{тр}} \cdot n \cdot z \quad (9)$$

где $A_{\text{тр}}$ - работа сил трения, Дж:

$$A_{\text{тр}} = m \cdot \vartheta^2 \cdot f \cdot \pi \quad (10)$$

где f - коэффициент трения, ($f = 0,35$).

С учётом (10) формула (9) принимает вид:

$$P_{\text{тр}} = m \cdot \vartheta^2 \cdot f \cdot n \cdot \pi \cdot z \quad (11)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в подшипниках вала ротора определяется по формуле:

$$P_n = G \cdot f_1 \cdot n \cdot d \cdot n \quad (12)$$

где G — давление на подшипники от силы тяжести ротора, Н;

f - приведенный коэффициент трения скольжения ($f_1 = 0,004$)

Расход мощности, на работу ротора как вентилятора:

$$P_{\text{вент}} = \frac{Q_1 \cdot H \cdot (1 + k_{\text{ц}} \cdot \mu)}{\eta} \quad (13)$$

где Q_1 - количество воздуха, продуваемого через дезинтегратор;

H - напор воздуха, создаваемый ротором;

$k_{\text{ц}}$ - кратность циркуляций;

μ - концентрация пыли по готовому продукту;

η - КПД ротора как вентилятора.

С учётом (8), (11), (12) и (13) мощность, потребляемая приводом дезинтегратора равна:

$$P = \frac{m \cdot \vartheta^2 \cdot n \cdot z}{2} + m \cdot \vartheta^2 \cdot f \cdot n \cdot \pi \cdot z + G \cdot f_1 \cdot n \cdot d \cdot n + \frac{Q_1 \cdot H \cdot (1 + k_d \cdot \mu)}{\eta} \quad (14)$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикальцитных изделий. М.: Стройиздат, 1962. 636 с.
2. Семикопенко И. А., Вавилов Д. В., Бороздин Е. А., Севостьянов А. Э. Центробежный дисковый измельчитель. Патент РФ No2739428 МПК ВО2С 13/14. Опубликовано: 24.12.2020 Бюл. No36.
3. Севостьянов А.Э., Скитов И.А., Петренко В.М. Дезинтегратор горизонтальными валами // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов». Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. Выпуск XVII. С. 377-380.
4. Немыкин А.С., Севостьянов А.Э., Скитов И.А., Скитова В.М. Дисковый измельчитель // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов». Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. Выпуск XIX. С. 257-260.
5. Семикопенко И.А., Беляев Д.А., Акупиян А.М., Центробежный измельчитель с вертикальными дисками // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов». Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. Выпуск XX. С.203-207
6. Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Атласюк В.А., Чернолихов И.А., Основные направления развития дезинтеграторов // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – Ч.7. С.105-111

*Смирнов И.В.**Научный руководитель: Луценко О. В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РОЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

К оценке эффективности деятельности метрологической службы оптико-механического производства является титановый штуцер с конической резьбой (например, по стандарту ГОСТ 6111-52) [3]. К его критически важным параметрам относятся: геометрические размеры: наружный и внутренний диаметры, конусность, длина резьбовой части. Допуски на эти размеры обычно соответствуют 6-8 квалитетам. Параметры резьбы: шаг, угол профиля, средний диаметр. Контроль должен обеспечивать точность, предъявляемую к резьбе общей и точного назначения. Шероховатость поверхности (R_a , R_z) рабочей части и резьбы. Низкая шероховатость ($R_a \leq 1,6$ мкм) необходима для обеспечения герметичности соединения. Физико-механические свойства: предел прочности, относительное удлинение материала, твердость поверхности. Задача метрологической службы – обеспечить контроль каждого из этих параметров с заданной точностью и достоверностью. На этапе входного контроля проверяется сертификат качества на титановый прут, а также выборочно контролируются его диаметр (микрометром) и твердость (твердомером по Роквеллу или Бринеллю) [1]. Средства измерения должны быть поверены, а результаты измерений – обладать прослеживаемостью до государственных эталонов. Операционный контроль на токарных и фрезерных станках с ЧПУ осуществляется с использованием штангенциркулей, микрометров, калибров (резьбовых скоб и колец) для быстрой проверки резьбы. Калибры проходят периодическую поверку в лабораторных условиях с использованием более точных методов. Окончательный контроль готового изделия наиболее ответственный этап, проводимый в условиях метрологической лаборатории [8]. Для него применяются: Координатно-измерительная машина (КИМ): является основным средством для комплексного контроля геометрии штуцера. КИМ позволяет с высокой точностью (погрешность $\pm (1,5 + L/100)$ мкм) измерить диаметры, конусность, прямолинейность, а также

параметры резьбы (путем сканирования профиля). Программное обеспечение КИМ строит цифровую модель детали и сравнивает ее с 3D-чертежом.

Профилограф-профилометр: Специализированный прибор для объективной оценки шероховатости поверхности. Контактный шуп сканирует микронеровности и выдает значения параметров R_a , R_z , R_{max} в соответствии с ГОСТ ИСО 4287. Оптические измерительные системы (лазерные сканеры): используются для бесконтактного контроля деформаций и быстрой оцифровки сложных поверхностей. Эффективность МО определяется не только наличием современного оборудования, но и грамотным управлением метрологическими процессами [4]. Для каждого средства измерения (СИ) на критических операциях должна быть оценена неопределенность измерений. Эта оценка учитывает погрешность самого СИ, погрешность метода, влияние оператора и условий окружающей среды (температуры, вибраций). Знание неопределенности позволяет корректно интерпретировать результаты контроля и принимать обоснованные решения о соответствии детали требованиям чертежа.

Эффективная работа метрологической службы напрямую влияет на **ключевые показатели качества** продукции оптико-механического предприятия:

- **точность изготовления** – обеспечивается применением средств измерений с необходимой точностью и правильной организацией измерительных процессов;

- **взаимозаменяемость деталей и узлов** – достигается за счет единства измерений и соблюдения установленных допусков;

- **стабильность характеристик** – поддерживается регулярным контролем параметров технологических процессов и готовой продукции;

- **соответствие требованиям нормативной документации** – подтверждается использованием аттестованных методик выполнения измерений.

Прослеживаемость измерений обеспечивается путем регулярной проверки всех СИ в аккредитованных метрологических центрах или в собственной лаборатории с использованием эталонов, сертифицированных с привязкой к государственным или национальным эталонам единиц величин [6]. Разработанная система метрологического обеспечения производства титановых штуцеров представляет собой целостный комплекс организационно-технических мероприятий. Внедрение данной системы позволяет: гарантировать

100% соответствие готовой продукции заданным техническим требованиям, снизить процент брака и затраты на его устранение, повысить надежность и безопасность конечных изделий, обеспечить соответствие производства международным и национальным стандартам качества [4].

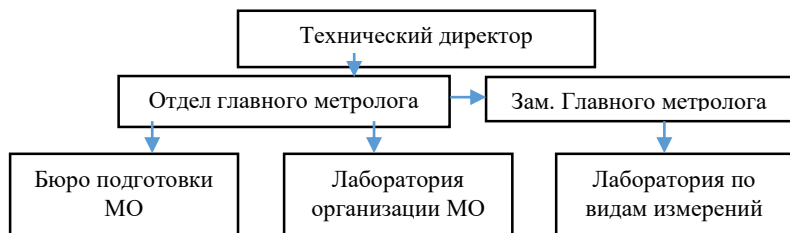


Рис.1 Схематическое изображение структуры метрологического отдела.

На рисунке 1 представлена многоступенчатая структура инженерного состава метрологической службы для осуществления контроля качества и стандартизации титановых штуцеров на предприятии.

Таким образом, метрологическая служба трансформируется из контролирующего органа в интегрированного партнера производственного процесса, вносящего прямой вклад в создание высокотехнологичной, конкурентоспособной продукции. Специфика оптико-механического производства обуславливает необходимость применения уникального комплекса средств измерений, сочетающего механические и оптические принципы, а также требует особого подхода к организации метрологического обеспечения [5]. Использование таких специализированных приборов, как оптиметры, интерферометры и измерительные машины, позволяет контролировать как геометрические, так и оптические параметры продукции с высокой точностью. Экономическая эффективность деятельности метрологической службы проявляется не только в прямом снижении потерь от брака, но и в повышении репутации предприятия, укреплении его позиций на рынке, снижении рисков возврата продукции [7]. Инвестиции в развитие метрологической службы являются стратегическими и окупаются за счет повышения качества продукции и оптимизации производственных процессов. Перспективы развития метрологического обеспечения на оптико-механических предприятиях связаны с внедрением цифровых технологий,

автоматизацией измерительных процессов, гармонизацией отечественных и международных стандартов. Реализация предложенных в статье рекомендаций позволит повысить эффективность работы метрологических служб и обеспечить соответствие продукции оптико-механических предприятий самым высоким требованиям мирового рынка [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РМГ 29-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. – Введ. 2013–07–01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 51 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – Введ. 2015–09–01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 33 с.
3. ГОСТ 6111-5. Коническая резьба с углом профиля 60 градусов. – Введ. 1952–01–01. – М.: Стандартгиз, 1952. – 10 с.
4. ГОСТ ИСО 4287-2014. Изделия геометрические (GPS). Структура поверхности: профильный метод. Термины, определения и параметры структуры поверхности. – Введ. 2016–07–01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 50 с.
5. Луценко, О.В. Метрологическое обеспечение жизненного цикла продукции: учебное пособие / О.В. Луценко. А.А. Афанасьев. – Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017.- 94с.
6. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ: (в ред. от 28.11.2018). – Текст: электронный. – URL:<http://www.consultant.ru>_(дата обращения: 23.10.2025).
7. ПР 50.732-93. Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц. – Введ. 2014–07–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.
8. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Введ. 2019–12–01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 26 с.

Солонченко М.Е.

*Научный руководитель: Пучка О.В., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

С цифровизацией производства и переходом к Индустрии 4.0, а также элементами Индустрии 5.0 с акцентом на интеграцию ИИ, управление качеством продукции становится ключевым фактором конкурентоспособности для компаний в машиностроении, авиастроении и приборостроении. Согласно отчету Grand View Research за 2025 год, ожидается, что мировой рынок компьютерного зрения будет расти со совокупным годовым темпом роста (CAGR) 19,8% в период с 2025 по 2030 год, достигнув 58,29 млрд долларов США, что отражает взрывной спрос на такие технологии в производстве для сокращения отходов и повышения эффективности. Аналогичным образом, MarketsandMarkets прогнозирует рост рынка машинного зрения с 15,83 млрд долларов США в 2025 году до 23,63 млрд долларов США к 2030 году при CAGR 8,3%, подчеркивая роль компьютерного зрения в контроле качества в режиме реального времени. Традиционные методы контроля качества, такие как контактные и оптические измерения, имеют ограничения: низкую точность при анализе сложной геометрии, высокую стоимость оборудования и длительную обработку данных. Компьютерное зрение (КЗ), подвид машинного обучения, открывает новые возможности для автоматизации и повышения точности измерения деталей и изделий, особенно благодаря недавним достижениям, таким как системы машинного зрения на базе искусственного интеллекта от таких компаний, как Cognex и Keyence, которые к 2025 году обеспечат обнаружение дефектов в режиме реального времени с точностью до 99% на высокоскоростных производственных линиях [1].

Цель данной статьи — продемонстрировать, как методы компьютерного зрения, интегрированные в системы управления качеством, оптимизируют процессы контроля, повышая точность измерений на 15–20% и снижая уровень дефектов на 10–15%. Исследования в этой области, включая работы Siemens и российских учёных (И. А. Конаховича и В. Г. Пугачёва), демонстрируют прогресс в

применении КЗ. Однако проблемы адаптации к ограниченному объёму данных и сложным производственным условиям остаются нерешёнными [2]. Достигнутый в 2024–2025 годах прогресс, такой как разработка адаптивных моделей на основе Ultralytics YOLO для небольших наборов данных в производственной сфере, делает эту технологию более доступной для российских компаний с ограниченными ресурсами.

Компьютерное зрение (КЗ) — это область искусственного интеллекта, использующая алгоритмы и нейронные сети, в частности, сверточные нейронные сети (СНС), для обработки и интерпретации визуальных данных, таких как изображения и видеопотоки, полученные с камер высокого разрешения [3]. В контексте управления качеством в производстве компьютерное зрение позволяет автоматизировать процессы контроля, включая обнаружение дефектов (трещин, сколов, неровностей), измерение геометрических параметров (размеров, допусков, кривизны) и оценку качества поверхности деталей и изделий. Эти возможности делают КЗ ключевым инструментом для повышения точности измерений и оптимизации процессов контроля качества, что соответствует требованиям современных стандартов, таких как ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и ГОСТ Р 8.563-2009.

Таблица 1. Сравнение традиционных методов и компьютерного зрения

Критерий	Традиционные методы (КИМ, оптические системы)	Компьютерное зрение
Точность	5–10 %	1–2 %
Время на деталь	5–10 минут	2–3 секунды
Стоимость	7–10 млн Р	50–100 тыс. Р
Масштабируемость	Низкая	1000 изм./час
Человеческий фактор	15 %	0.1 %

Переход к компьютерному зрению радикально меняет парадигму контроля качества: из периодического, контактного и локального он трансформируется в непрерывный, бесконтактный и системный [4]. Человекозависимые измерения с высокой вариабельностью результатов заменяются алгоритмически воспроизводимым процессом, где каждый объект проверяется с одинаковой точностью независимо от оператора, времени суток и размера партии [5].

Традиционно дорогие и медленные методы (КИМ, оптические станции) уступают место масштабируемому, экономичному и высокопроизводительному решению на базе стандартных камер и программного обеспечения с открытым исходным кодом. Это не просто ускорение, а интеграция контроля качества непосредственно в производственный процесс, где анализ происходит в режиме реального времени, а данные о дефектах и отклонениях мгновенно передаются в систему управления.

Таблица 2. Теоретические принципы применения компьютерного зрения (CV) в управлении качеством

№	Принцип	Описание	Примеры методов / технологий
1	Обработка изображений и выделение признаков	Предварительная обработка (шумоподавление, нормализация освещения, повышение контраста). Выделение ключевых характеристик.	Гистограммная эквализация, фильтры Гаусса, детекторы границ (Sobel, Canny), анализ текстур
2	Классификация и распознавание образов	Автоматическая классификация изображений по категориям (пригодные / дефектные).	CNN, обучение на наборах с примерами дефектов (трещины, царапины). Точность: до 95%
3	Регрессионный анализ для измерений	Оценка непрерывных параметров (размеры, шероховатость).	Линейная регрессия, глубокие нейронные сети. Погрешность: менее 2%
4	Обработка в реальном времени	Анализ на конвейере с минимальной задержкой.	Оптимизированные алгоритмы + GPU. Время: 2–3 сек/деталь
5	Соответствие стандартам качества	Интеграция в сертифицированные процессы.	ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ Р 8.563-2009

Использование компьютерного зрения соответствует принципам всеобщего управления качеством (TQM) и Six Sigma, которые делают акцент на постоянном совершенствовании процессов и сокращении дефектов. Компьютерное зрение поддерживает цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act), автоматизируя этап «Проверка», предоставляя данные для принятия решений в режиме реального времени. Например, анализ изображений позволяет быстро корректировать процессы, минимизируя количество дефектов. Кроме того, компьютерное зрение способствует реализации принципа «нулевого дефекта» благодаря раннему выявлению отклонений, что особенно важно для высокотехнологичных отраслей, таких как аэрокосмическая промышленность.

Таким образом, внедрение компьютерного зрения в системы управления качеством практически исключает человеческий фактор — основной источник субъективных ошибок, усталости и вариативности результатов. Это не просто повышение точности: это переход к объективному, повторяемому и стандартизированному контролю, где каждая деталь оценивается по единым алгоритмическим критериям, независимо от смены оператора, освещения или объема производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конахович, И. А. Автоматизация контроля качества в машиностроении // Вестник МГТУ им. Баумана. Серия: Машиностроение. — 2020. — № 3. — С. 45–52.
2. Мулёнко И. Г., Пучка О. В., Рябко В. В., Милер А. О. Применение электронно-оптического метода при определении вместимости резервуаров // От качества инструментов к инструментам качества : сб. докл. Всерос. науч.-техн. конф., Тула, 19–20 окт. 2023 г. — Тула : Тул. гос. ун-т, 2023. — С. 134–137.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. — М.: Стандартиформ, 2015.
4. ГОСТ Р 8.563-2009. Методики выполнения измерений. — М.: Стандартиформ, 2009.
5. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. Deep Learning. — MIT Press, 2016.

Сподина А.В., Старченко К.М.

*Научный руководитель: Наумов А.Е., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ИЗНОСА КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЯ С ЦЕЛЬЮ СВОЕВРЕМЕННОГО ИНИЦИАТИВНОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА В ИХ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

Современные здания и сооружения представляют собой сложные инженерные системы, функциональность и безопасность которых напрямую зависят от технического состояния их конструктивных элементов. Со временем под воздействием внешних и внутренних факторов – климатических условий, механических нагрузок, коррозии, усталости материалов – происходит постепенное ухудшение эксплуатационных характеристик зданий [1].

В России существуют риски для зданий, построенных в советское время, многие из которых уже превысили расчетный срок эксплуатации. Например, панельные дома серии 1-505, широко распространенные в Москве и других городах, часто страдают от коррозии арматуры и разрушения бетона, что требует систематического мониторинга и моделирования их технического состояния [2].

Износ строительных конструкций обусловлен комплексным воздействием различных факторов, среди которых климатические условия занимают одно из ключевых мест. В регионах с холодным климатом, таких как Сибирь и Дальний Восток, циклическое замораживание и оттаивание влаги в материалах приводит к их постепенному разрушению. Другой значимый фактор – это агрессивное воздействие окружающей среды, особенно в промышленных городах [3].

Традиционно оценка технического состояния зданий основывалась на визуальном осмотре и периодических обследованиях с использованием неразрушающих методов контроля. Например, ультразвуковая дефектоскопия позволяет выявлять внутренние дефекты в металлических и бетонных конструкциях без их повреждения. Этот метод широко применяется при обследовании мостов и высотных зданий. Так, при диагностике моста через реку Неву в Санкт-Петербурге ультразвуковые датчики выявили скрытые

трещины в сварных швах, что позволило провести ремонтные работы до того, как дефекты стали критическими [4].

Однако традиционные методы имеют ограничения, связанные с субъективностью оценки и невозможностью непрерывного мониторинга. Современные технологии предлагают более эффективные решения, такие как цифровые двойники зданий. Цифровой двойник — это виртуальная копия физического объекта, которая обновляется в реальном времени на основе данных, поступающих с датчиков. Например, в московском метрополитене цифровые двойники используются для мониторинга состояния тоннелей и станций. Датчики фиксируют вибрации, температуру, влажность и другие параметры, а система анализирует эти данные и предсказывает возможные дефекты [5].

Еще одним перспективным направлением является применение искусственного интеллекта для анализа больших данных. Алгоритмы машинного обучения способны выявлять закономерности в процессах износа, которые невозможно обнаружить традиционными методами.

Одним из наиболее показательных примеров является опыт эксплуатации небоскреба «Лахта Центр» в Санкт-Петербурге (рис. 1). Здание оснащено датчиками, которые непрерывно собирают данные о деформациях, ветровых нагрузках, температурных изменениях и других параметрах. Эти данные передаются в цифровой двойник, который моделирует поведение конструкций в реальном времени [6].

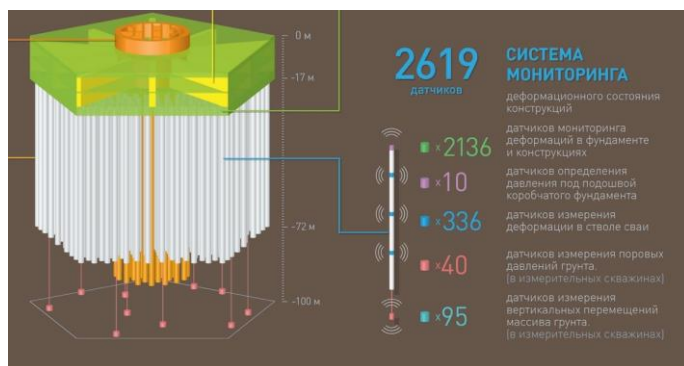


Рис. 1 – Система мониторинга конструкций «Лахта Центра»

В шпиле башни «Лахта Центр» установлен современный измерительный комплекс, включающий GNSS-станцию, которая обеспечивает высокоточный мониторинг пространственного

положения конструкции. Система фиксирует координаты вершины шпиля в двухмерной плоскости, что позволяет визуализировать траекторию его отклонений под воздействием ветровых нагрузок различной силы и направленности (рис. 2).

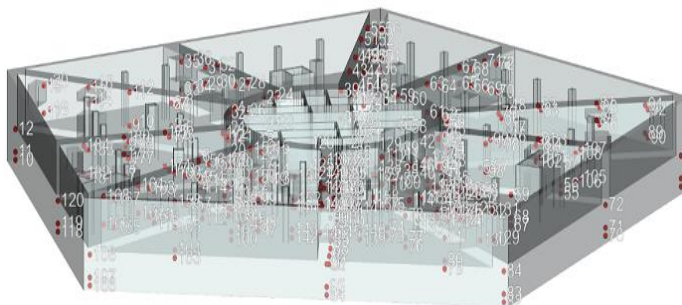


Рис. 2 – Схема размещения измерительного оборудования на трехмерной расчетной схеме

В последние годы системы мониторинга износа строительных конструкций активно внедряются не только в уникальных объектах, но и в типовом жилом фонде. Ярким примером является опыт Москвы, где датчики для контроля технического состояния зданий устанавливаются в обычных панельных домах советской постройки, таких как серия П-44. Эти дома, построенные в 1970–1990-х годах, часто сталкиваются с проблемами коррозии арматуры, разрушения межпанельных швов и теплопотерь из-за износа утеплителя.

В рамках программы капитального ремонта в нескольких домах на юго-западе Москвы были установлены беспроводные датчики, фиксирующие влажность, температуру, вибрации и уровень коррозии арматуры. Данные с датчиков передавались в облачную платформу, где анализировались с помощью алгоритмов машинного обучения. Это позволило автоматически выявлять критическое повышение влажности, появление трещин или смещение конструкций, что помогало своевременно планировать ремонтные работы.

Моделирование состояния износа конструктивных систем зданий является ключевым инструментом для перехода от реактивного к инициативному техническому обслуживанию. Внедрение современных технологий позволяет не только предотвращать аварии, но и оптимизировать затраты на ремонт, продлевать срок службы зданий и повышать их безопасность.

Важно отметить, что успешное внедрение таких технологий требует комплексного подхода, включающего не только технические решения, но и разработку нормативной базы, подготовку специалистов и повышение осведомленности заказчиков. В России уже сделаны первые шаги в этом направлении: приняты новые стандарты по мониторингу технического состояния зданий, а в ведущих вузах внедряются образовательные программы по цифровым технологиям в строительстве.

В перспективе моделирование износа станет неотъемлемой частью жизненного цикла любого здания, что позволит создать устойчивую и безопасную городскую среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курипта, О. В. Программный модуль расчета физического износа зданий на основе экспериментальной оценки их повреждений [Электронный ресурс] / О. В. Курипта, Ю. А. Воробьева, О. В. Минакова // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. – 2019. – № 12. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 15.10.2025).

2. Панова, В. Ф. Повышение долговечности строительных объектов [Электронный ресурс] / В. Ф. Панова, И. В. Камбалина, С. А. Панов // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 2 (20). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 16.10.2025).

3. Бабкова, Т. О. Крепкий фундамент в вечной мерзлоте: вызовы и решения [Электронный ресурс] / Т. О. Бабкова, О. И. Парфенова // Digital. – 2024. – № 1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 16.10.2025).

4. Штенгель, В. Г. Общие проблемы технического обследования неметаллических строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений [Электронный ресурс] / В. Г. Штенгель // Magazine of Civil Engineering. – 2010. – № 7. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 17.10.2025).

5. Сулейманова, Л. А. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами [Электронный ресурс] / Л. А. Сулейманова, П. В. Сапожников, А. Н. Кривчиков // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. – 2022. – № 4. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 17.10.2025).

6. 3 000 глаз для искусственного интеллекта. Как устроена система мониторинга конструкций Лахта Центра [Электронный ресурс] // Хабр. – Режим доступа: <https://habr.com> (дата обращения: 17.10.2025).

Стойчанова М. И., Старченко К.М.

*Научный руководитель: Наумов А.Е., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЗДАНИЯ ИСХОДЯ ИЗ ЕГО ИЗНОСА

Эффективная эксплуатация существующих зданий, особенно объектов социальной инфраструктуры, является актуальной задачей в условиях ограниченности бюджетных средств и необходимости сохранения архитектурного фонда. Ключевым аспектом обеспечения их долговечности и безопасности является проведение своевременной оценки технического состояния и разработка на ее основе комплекса мер по устранению выявленных дефектов и адаптации к современным требованиям [1–5].

Объект исследования: двухэтажное не жилое здание Н-образной формы в Обнинске, ул. Гурьянова, д. 19, построенное в 1975 году, с размерами 54,24 × 38,7 м и высотой до конька кровли 10,5 м. Внутренние стены из керамического и силикатного кирпича, перекрытия — железобетонные плиты. Здание имеет II степень огнестойкости и класс пожарной опасности Ф 4.1. Наружные стены утеплены минераловатным материалом, окна — ПВХ с двухкамерным стеклопакетом, крыша — металлочерепичная. Двери — ПВХ, металлические и деревянные.

Здание относится к объектам непроизводственного назначения и среднего профессионального образования (рис. 1). На территории нет опасных природных или техногенных воздействий.



Рис. 1 Исследуемый объект: нежилое здание, г. Обнинск

Стены зданий часто сталкиваются с различными проблемами, которые могут снижать их устойчивость и ухудшать эксплуатационные характеристики. Среди них — деструкция кирпичной кладки из-за воздействия агрессивной среды, такой как влажность и колебания температуры. Это приводит к физико-химическим изменениям материала.

Кладочные швы могут деформироваться из-за нарушения технологии кладки и использования некачественных материалов. Трещины в стенах, возникающие из-за неравномерного термического расширения и осадки фундамента, также снижают устойчивость здания. Отслоение защитного слоя бетона, обнажающее арматуру, уменьшает прочность конструкции и требует срочных мер.

Насыщение стен влагой ухудшает теплоизоляцию и увеличивает риск появления плесени (рис. 2, *а*). Механические повреждения, например разрушение кирпичей из-за ударов или вибраций, также требуют внимания. Повреждения откосов стен после замены окон нуждаются в восстановительных работах (рис. 2, *б*). Все эти проблемы требуют своевременного анализа и принятия мер для их устранения.



Рис. 2: *а* – размораживание стены крыльца;
б – механические повреждения кирпичной кладки;

Основные причины дефектов стен — образование различных трещин и зазоров (рис. 3, *а*), в которые расширяются из-за попадания воды, при ее замерзании, систематическое намокание конструктивных элементов фасада (рис. 3, *б*), неравномерные температурные деформации, длительная эксплуатация в неблагоприятных условиях и физический износ.



Рис.3: а – зазор между цоколем и отмосткой и отсутствие отлива;
б – постоянное намокание и разрушение кирпичной кладки

Для улучшения состояния конструкций рекомендуется утеплить фасад, установить организованную водосточную систему, заделать трещины и оштукатурить оголённую арматуру специальным раствором. Техническое состояние конструкций классифицировано как ограниченно работоспособное.

Фундаменты под стены здания выполнены в виде ленточных на естественном основании из твёрдых, непресадочных суглинков. Однако выявлены дефекты: разрушенная отмостка, отсутствие вертикальной гидроизоляции фундаментов, отсутствие полов, приямков и гидроизоляции в индивидуальном тепловом пункте.

Техническое состояние фундамента и грунта — ограниченно работоспособное. В шурфах нет трещин и отколов бетона. Параметры грунта: показатели влажности, текучести и другие характеристики находятся в определённых пределах.

Несущие элементы перекрытия — многоярусные железобетонные плиты и перемычки — находятся в работоспособном состоянии, однако имеют дефекты, такие как отслоение защитного слоя бетона, оголение арматуры, раковины и сколы, следы пропуска коммуникаций, неправильное опирание перемычек и выпадение раствора в швах. Для повышения надёжности рекомендуется провести

расшивку и заполнение швов мелкозернистым бетоном, очистить чердачное перекрытие от мусора, отремонтировать стяжку и выполнить утепление. Состояние диска перекрытия позволяет выдерживать текущие нагрузки, но изменение схемы не допускается. В случае увеличения нагрузки потребуется усиление.

На плоской кровле над переходом и вестибюлем обнаружены трещины, разрывы, вздутия и отслоения материала, а также мох.

Деревянные конструкции аварийные, основные конструкции ограниченно работоспособны. Рекомендуется замена покрытия с мембраной, установка ограждения, огне-биозащита деревянных конструкций, наружная водосточная система и усиление конструкций.

Внутренние лестничные марши в работоспособном состоянии, без прогибов и повреждений.

Эвакуационные лестницы также требуют внимания (рис. 4): на них наблюдается коррозия, потеря жёсткости, трещины в сварных швах. Кроме того, уклон и ширина марша могут не соответствовать нормативам.



Рис. 4 Эвакуационные лестницы

На основе анализа дефектов разработана стратегия реконструкции здания для размещения медицинского колледжа, выполнен

комплексный анализ функциональных, санитарных и эргономических требований к учебным и вспомогательным помещениям. Проект предполагает реализацию комплекса мероприятий, направленных на оптимизацию затрат на ремонт несущих конструкций, замену оконных и дверных блоков, обновление кровельного покрытия и навесов, а также адаптивную модернизацию внутренних пространств для повышения их функциональности и соответствия современным образовательным стандартам (рис. 5) [6–8].

Особое внимание уделяется трансформации фасада здания (рис. 7). В рамках проекта предлагается использование декоративной штукатурки, которая не только обеспечит эстетически привлекательный внешний вид, но и повысит эксплуатационные характеристики, такие как долговечность и устойчивость к внешним воздействиям. Архитектурно-планировочное решение было создано на основании выявленных дефектов, что показало, что состояние здания было неудовлетворительно и требовало обновлений.



Рис. 5 проектное предложение обновления фасадов здания

В целях обеспечения доступности для лиц с ограниченными возможностями наружные лестницы будут оборудованы пандусами и перилами, соответствующими требованиям нормативных документов.

Ключевым аспектом стратегии является изменение функциональной направленности здания. Существующие помещения будут адаптированы для использования в качестве учебных аудиторий, лабораторий, административных и вспомогательных зон. Это предполагает перепланировку внутренних пространств, оптимизацию их конфигурации и оснащение современным оборудованием, соответствующим требованиям образовательной и медицинской деятельности. Переоборудование существующего здания под медицинский колледж показало высокую экономическую эффективность. Сравнение со строительством нового объекта показало экономию ресурсов в размере 40–60%. Это достигается за счет сохранения и адаптации основной несущей коробки и инфраструктуры, что также позволяет сократить сроки ввода объекта в эксплуатацию.

Особое внимание уделено созданию инклюзивной среды, что включает в себя не только физическую доступность, но и адаптацию учебных материалов и методик преподавания для различных категорий обучающихся. В рамках модернизации будут предусмотрены зоны отдыха, столовые, а также специализированные помещения для проведения практических занятий.

Стратегия реконструкции представляет собой практически ориентированное решение, учитывающее современные тенденции в области образовательного строительства и направленное на формирование комфортной, безопасной и функциональной среды, способствующей качественному обучению и профессиональному развитию медицинского персонала.

Проведенное исследование подтвердило, что несмотря на значительный физический износ, двухэтажное здание по адресу г. Обнинск, ул. Гурьянова, д. 19, после комплексного капитального ремонта и реконструкции может быть эффективно перепрофилировано под современный медицинский колледж.

Разработанные предложения по эксплуатации, основанные на детальной оценке износа, позволяют обеспечить безопасность, долговечность и функциональность объекта при значительной экономии финансовых и временных ресурсов.

Данный подход может быть применен для аналогичных зданий, требующих модернизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков Р. В. Управление жизненным циклом объекта недвижимости с использованием уравнения Ферхюльста / Р. В. Волков // Недвижимость: экономика, управление. — 2023. — № 1. — С. 21–26.
2. Галишникова В. В., Информационные модели объектов строительства в течение их жизненного цикла / В. В. Галишникова, М. Е. Бочаров // Недвижимость: экономика, управление. — 2024. — № 2. — С. 65–72.
3. Никулина Ю. А. Повышение эффективности управления жизненным циклом объекта капитального строительства / Ю. А. Никулина // Вестник Евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 6. — С. 1–10.
4. Суворова М. О., Совершенствование системы управления жизненным циклом комплексной застройки территорий с позиции низкоуглеродного развития / М. О. Суворова, А. Е. Наумов // Строительство и архитектура. — 2023. — № 2 (11). — С. 34–42.
5. Шутова М. Н., Информационное моделирование и управление жизненным циклом строительных объектов в городе Новочеркасске / М. Н. Шутова, В. А. Кужелева, А. А. Минькова, А. С. Сотников, А. Г. Кожихов // Строительство и архитектура. — 2023. — № 2. — С. 15–22.
6. Лapidус А. А., Цифровая трансформация процессов управления жизненным циклом объектов жилой и инженерной инфраструктуры в проектах комплексного развития территорий / А. А. Лapidус, Л. А. Адамцевич // Недвижимость: экономика, управление. — 2025. — № 2. — С. 6–12.
7. Овсянникова Т. Ю., Технологии информационного моделирования: стратегические задачи и реалии цифровой трансформации в строительстве / Т. Ю. Овсянникова, А. А. Пацуков // Недвижимость: экономика, управление. — 2022. — № 1. — С. 44–50.
8. Липатов В. С, Цифровизации строительства на протяжении жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта / Липатов В. С., Глухова И. В. // Инновации и инвестиции. — 2024. — № 1. — С. 322–325.

Сысоев А.Н., Дубинин Е.Г.

Научный руководитель: Анциферов С.И., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПОДАЧА И ХРАНЕНИЕ СЫРЬЕВОЙ МУКИ

В настоящее время в Российской Федерации наблюдается активное развитие промышленности строительных материалов. На данный момент тенденции развития заключаются в нескольких основных направлениях:

Обновление основных фондов – у большого количества оборудования присутствует высокая степень износа, а также средний возраст оборудования составляет свыше 20 лет, что приводит к острой необходимости переоснащения предприятий и обновления производственных баз.

Повышение эффективности – при существующей потребности в строительных материалах нынешние производства не могут в полной мере покрыть растущий спрос, на фоне чего возникает острая необходимость во вводе в эксплуатацию нового, более производительного оборудования и модернизации старого, в целях повышения как производительности, так и энергоэффективности.

Повышение инвестиционной привлекательности – производство строительных материалов является весьма капиталоемким, так как обладает медленной окупаемостью, что, в свою очередь, приводит к высокой потребности в частных инвестициях и государственном субсидировании.

Сырьевая мука в цементной промышленности представляет собой тонкоизмельченный порошок, который получают из смеси компонентов, используемых для производства цемента. К таким компонентам относятся известняк, глина и другие материалы [1].

При сухом способе создания цемента сырьевая мука играет важную роль в технологическом процессе (Рис.1). Она служит основой для формирования цементного клинкера. Клинкер – это промежуточный материал, образующийся в процессе высокотемпературного обжига шихты (специальной сырьевой смеси).

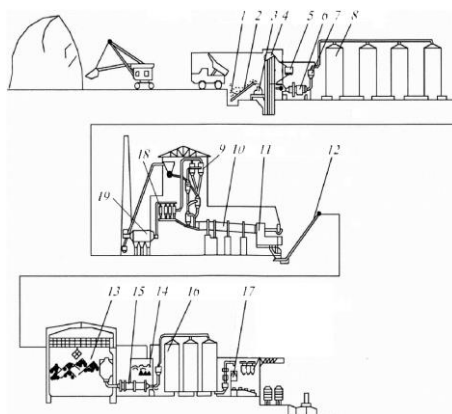


Рис. 1 Технологическая линия по производству цемента сухим способом:
 1 – приемные бункера; 2 – питатель; 3 – дробилка; 4 – конвейер; 5 – расходные бункера; 6 – мельница; 7 – сепаратор; 8 – силосы; 9 – циклонные теплообменники; 10 – вращающаяся печь; 11 – холодильник; 12 – конвейер; 13 – склад клинкера; 14 – склад добавок; 15 – мельница; 16 – силосный склад; 17 – упаковочное устройство; 18, 19 – пылеосадительные устройства

Широкое применение при разработке общей схемы цементного завода сухого способа производства получила схема печного агрегата, представленная на рис. 2 [2].

Правильная подача и хранение сырьевой муки - важные этапы технологического процесса. Они включают в себя подготовку материала перед обжигом и его хранение перед использованием.

Сырьевая мука в цементном производстве подается в различные агрегаты для дальнейшей обработки. Этот процесс включает измельчение сырья, дозировку компонентов и подготовку смеси, которая становится сырьевой мукой.

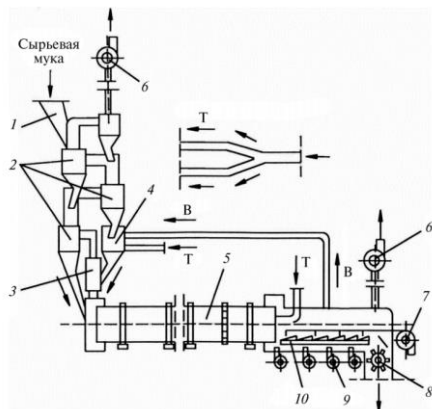


Рис. 2 Схема печного агрегата сухого способа производства с одноветвевым циклонным теплообменником и реактором-декарбонизатором:

- 1 – воронка загрузочная; 2 – циклонные теплообменники; 3 – смеситель газов;
 4 – реактор-декарбонизатор; 5 – печь обжиговая вращающаяся;
 6 – вентилятор для аспирации воздуха; 7 – вентилятор общего дутья;
 8 – дробилка; 9 – вентилятор острого дутья; 10 – холодильник колосниковый;
 Т – вариант подачи топлива, В – вариант подачи воздуха

Методы подачи муки бывают следующими [3]:

Через лопастный питатель: материал подается в мельницу и по течке падает в центр помольного стола;

С помощью ленточного транспортера: сырье дозировано подается на транспортер, скорость движения которого регулируется;

С использованием пневмоподъемника: сырьевая мука подается в теплообменник под действием сжатого воздуха.

На цементных заводах для подачи сырьевой муки используются сырьевые мельницы, сепараторы, силосы и пневмоподъемники.

Для хранения сырьевой муки на цементном производстве чаще всего используются силосные резервуары с пневматическим перемешиванием – это емкости, предназначенные для хранения сыпучих материалов, которые оснащены системой насыщения сжатым воздухом, для сохранения материала в рыхлом состоянии [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Способы производства цемента - Завод сухих строительных смесей "ВосЦем". – URL: <https://www.voscem.ru>

2. Технологические схемы и оборудование для производства цемента: сайт. – URL: <https://extxe.com>

3. Мельницы Loesche для помола сырьевых материалов для производства цемента. – URL: <http://loesche-ru.1gb.ru>

4. Рудычев, А.А. Практическое руководство по организации производства на предприятиях цементной промышленности – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2006. – 76 с.

УДК 004.942

Сычев Е.А., Севостьянов И.В.

Научный руководитель: Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЗНОСА ФУТЕРОВКИ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ В ROCKY DEM

В строительной и горно-обогатительной промышленности в настоящий момент наблюдается тенденция к сокращению эксплуатационных расходов посредством увеличения надежности существующего оборудования. Рассматривая промышленность строительных материалов нельзя не отметить значительные расходы, связанные с эксплуатацией оборудования для помола. Рассматривая шаровую мельницу, как один из наиболее распространенных типов оборудования, нельзя не отметить крайне высокие затраты на бронефутеровочные плиты и мелющие тела. В среднем, при помоле в шаровой мельнице, удельный расход мелющих тел и материала футеровки составляет около 2 кг на тонну измельчаемого материала [1-3].

Причиной столь высокого расхода материалов является интенсивное абразивное воздействие в процессах дробления и измельчения. Критическим последствием износа футеровочных плит является деградация их геометрического профиля. Уменьшение толщины, высоты и угла наклона напрямую влияет на функциональность: оборудование теряет способность поднимать загрузку на проектную высоту. Это приводит к каскадному эффекту — снижению ударной энергии и, как результат, резкому падению производительности мельницы. Установлено, что замена плиты требуется уже при потере 10-20% массы. Противодействуют износу с

помощью износостойких материалов, упрочняющих технологий и защитных покрытий [5,6].

Классическая методология изучения этих процессов – натурные эксперименты — сопряжена с экономическими потерями и остановками производства. В связи с этим эффективной альтернативой выступают методы компьютерного моделирования, среди которых широкое распространение получил метод дискретных элементов (DEM). Данный метод позволяет представлять сыпучую среду как совокупность отдельных частиц, что дает возможность детально анализировать процессы измельчения и износа.

Представленный подход даёт возможность построения моделей кинематического, динамического и энергетического поведения загрузки, параллельно вычисляя такие параметры, как нормальные и тангенциальные составляющие сил соударения, скорости удара, расстояние скольжения частиц и так далее. С помощью DEM-моделирования специалисты производят исследования:

- кинематических параметров мельничной загрузки;
- интенсивности износа футеровки и мелющих тел;
- затрат электроэнергии оборудования при различных режимах работы.

Многочисленные исследования [4, 7] направлены на разработку моделей, позволяющих прогнозировать параметры износа в различных условиях нагружения и эксплуатации. К числу наиболее авторитетных из них относятся модели, предложенные Д. Гринвудом и Д. Триппом, Д. Арчардом, энергетическая теория Г. Фляйшера, а также теория, разработанная А.С. Пронниковым и его научной школой.

Особое место занимает теория советского ученого И.В. Крагельского, отличающаяся комплексным учетом многочисленных факторов. Эта универсальность позволяет применять ее для описания различных видов износа, хотя наиболее широкое распространение она получила в моделировании усталостного изнашивания. Согласно данной теории, при скольжении микронеровностей одного тела по другому возникают циклические напряжения сжатия и растяжения, приводящие к накоплению повреждений и последующему образованию продуктов износа.

Ещё одной распространённой моделью, используемой для описания механизмов адгезионного и абразивного износа, является теория Д. Арчарда. Её суть заключается в том, что износ определяется как объём материала, удаляемый с поверхности в результате

фрикционного контакта с частицами. Эта модель нашла своё практическое воплощение в программном пакете Rocky DEM.

В программном пакете Rocky DEM закон Арчарда рассматривается в инкрементной форме:

$$dV = C \cdot dWt, \quad (1)$$

где: dV – объем материала, изношенного за время единицы времени моделирования; dWt – тангенциальная или сдвиговая работа, выполняемая частицами при столкновении с поверхностью в течение единицы времени; $C = k / H$ – константа, задаваемая пользователем. В программном пакете Rocky DEM каждая изнашиваемая поверхность может быть определена различными значениями константы C .

На Рис. 1 представлена реализация уравнения (1) в Rocky DEM, где твёрдотельные поверхности дискретизированы треугольной сеткой. Удаление материала (объем dV) моделируется интрузивным смещением вершин треугольников. Величина смещения для каждой вершины рассчитывается таким образом, чтобы суммарное изменение объема в соответствующей области строго соответствовало значению dV , определяемому уравнением (1). Важно подчеркнуть, что данная процедура не изменяет топологию поверхности — используется исходная сетка элементов. Для точного описания эволюции геометрии требуется, чтобы зоны потенциального износа были дискретизированы элементами достаточно малого размера.



Рис. 1 Схематическое изображение износа поверхности

Моделирование износа поверхности в DEM выполняется по треугольным элементам сетки. Износ рассчитывается на основе работы трения от столкновений частиц: вершины, испытывающие больший сдвиг, смещаются сильнее. Общая работа трения на элемент определяется суммированием по всем столкновениям за временной шаг.

Для компенсации низкой скорости моделирования по сравнению с реальными промышленными процессами применяют коэффициент ускорения износа " C ", одновременно сокращая время расчета. Коэффициент " C " должен подчиняться двум принципам:

Сохранять пропорциональность износа при масштабировании (согласно уравнению (1)).

Обеспечивать достаточно долгое моделирование для снижения статистической погрешности.

Чрезмерное завышение "С" нарушает эти принципы, вызывая стремительные геометрические изменения, которые критически искажают динамику частиц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теоретические основы расчета усовершенствованных конструкций шаровых барабанных мельниц: монография / В. С. Богданов, С. И. Анциферов, Д. В. Богданов, Ю. М. Фадин. – Старый Оскол: ТНТ, 2023. – 360 с.: ил.

2. Ivanova P. V., Ivanov S. L., Mikhailov A. V., Shishlyannikov D. I. Extraction mechanization of soft soils // Journal of Applied Engineering Science. 2021, vol. 19, no. 3, pp. 610—617. DOI: 10.5937/jaes19-31904.

3. Пиирайнен В. Ю., Михайлов А. В., Баринков В. М., Старовойтов В. Н. Применение шламово-торфяной композиции для переработки отходов глиноземного производства // Обогащение руд. — 2022. — № 6. — С. 51—58. DOI: 10.17580/or.2022.06.09.

4. Громыка Д. С., Утенкова Т. Г., Короткова О. Ю. Обзор методов оценки механизмов изнашивания исполнительных органов горных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 2. — С. 75—86. DOI: 10.25018/0236-14932021-2-0-75-86.

5. Бочков В. С., Болобов В. И. О влиянии упрочняющей обработки материала футеровки шаровых мельниц на его износостойкость // Горный журнал. — 2017. — № 1. — С. 57—60. DOI: 10.17580/gzh.2017.01.12.

6. Shishlyannikov D. I., Zvonarev I. E., Rybin A. A., Zverev V. Yu., Ivanchenko A. A. Assessment of changes in the abrasiveness of solid particles in hydraulic mixtures pumped with ESPs // Applied Sciences. 2023, vol. 13, no. 3, article 1885. DOI: 10.3390/app13031885.

7. Болобов В. И., Ахмеров Э. В., Ракитин И. В. Влияние вида горной породы на закономерности изнашивания коронки зуба ковша экскаватора // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 6-2. — С. 189—204. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_62_0_189.

Таралло З.В., Черкасов А.В., Крапивин С.Н.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Современная цементная промышленность сталкивается с необходимостью решения двух ключевых задач: снижения экологической нагрузки и уменьшения себестоимости продукции [1]. Одним из наиболее перспективных направлений является утилизация промышленных отходов, что позволяет не только сократить объемы захоронения отходов, но и частично или полностью заменить традиционное природное сырье [2]. В частности, актуальной является задача замены глинистого компонента, запасы которого постепенно истощаются, а использование низкокачественных материалов (например, запесоченных глин) приводит к перерасходу топлива и снижению качества клинкера.

Проведенные исследования демонстрируют успешный опыт применения различных техногенных продуктов. Так, известна работа [3] по замене глинистого компонента на горную породу фельзит, что в сочетании с минерализатором (флюоритом) позволило снизить температуру обжига клинкера до 1300 °С и получить цемент с удовлетворительными прочностными характеристиками. Другое исследование [4] направлено на модифицирование цементных композиций диоксидом титана (TiO_2) для придания им специальных свойств, например, фотокаталитической активности. Однако присутствие некоторых оксидов, в том числе и TiO_2 , а также SO_3 и щелочей (R_2O), в избыточном количестве может негативно влиять на процесс гидратации и конечные физико-механические свойства цементного камня.

Цель работы - исследование возможности получения цементного клинкера с использованием промышленных отходов в качестве полноценных сырьевых компонентов.

В качестве сырья использовались следующие промышленные отходы:

Алюмосодержащий отход (шлак «Макадам») продукт, образующийся при алюминотермическом получении феррованадия.

Химический состав отхода, характеризующийся высоким содержанием глинозема (Al_2O_3 - 78,3%), представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав алюмосодержащего отхода, %									
V_2O_5	CaO	MnO	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	SiO_2	Al_2O_3	MgO	TiO_2	C	ППП
0,39	9,7	0,13	0,45	0,18	78,3	8,9	0,16	0,16	1,63

Окалина - продукт высокотемпературного окисления, образующийся при прокатке и термообработке стальных заготовок. Материал отличается высоким содержанием железа (Fe_2O_3 - 93,93%), что делает его эффективным железосодержащим корректирующим компонентом (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав окалины, %									
Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	MnO	CaO	Cr_2O_3	MgO	K_2O	P_2O_5	ППП
93,93	3,21	1,42	0,69	0,28	0,21	0,09	0,05	0,02	0,01

Отход обогащения железистых кварцитов КМА - материал, основными компонентами которого являются кремнезем (SiO_2 - 63,44%) и оксиды железа (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав отхода обогащения железистых кварцитов КМА, %							
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	FeO	ППП
63,44	9,12	8,68	3,55	3,91	0,15	6,17	4,98

В качестве кальцийсодержащего компонента использовался Белгородский мел (табл. 4).

Таблица 4

Химический состав мела, %						
CaO	SiO_2	Fe_2O_3	MgO	SO_3	Al_2O_3	ППП
50,62	4,20	0,36	2,59	0,02	0,38	41,83

Из представленных компонентов была составлена сырьевая смесь, химический и расчетный минералогический состав которой приведен в табл. 5.

Таблица 5

Состав сырьевой смеси с заменой глинистого компонента на отходы промышленности									
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	TiO_2	FeO	ППП	Проч.
13,44	3,27	2,84	41,76	2,89	0,04	0	0,97	34,51	0,19

КН		n	p
0,94		2,2	1,15
Минералогический состав клинкера			
C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
63,95	10,59	3,04	15,31

Синтез клинкера проводился при температурном режиме, установленном с помощью дифференциального термического анализа. Температура плавления сырьевой смеси составила 1442°C. Для синтеза клинкера сырьевую смесь обжигали при температуре 1450°C в течение 1 часа. Для эффективного формирования алита (C₃S) клинкер медленно охлаждался в печи до 1250°C, с последующим резким охлаждением на воздухе.

Качество синтеза клинкера оценивали по содержанию свободного оксида кальция (CaO_{св}), которое, по данным этилово-глицератного метода [5], не превысило 1,2%, что свидетельствует о завершенности процесса клинкерообразования.

После охлаждения клинкер совместно с 5% гипса измельчался в лабораторной мельнице до достижения удельной поверхности 350 м²/г в соответствии с требованиями ГОСТ 31108-2020 [6]. Удельная поверхность определялась по ГОСТ 310.2-76 [7].

Физико-механические свойства цемента определялись на образцах-балочках размером 1×1×3 см из цементного теста нормальной густоты (В/Ц=0,28) по методике [8]. Прочностные характеристики представлены на рис. 1 (прочность при изгибе) и рис. 2 (прочность при сжатии).



Рис. 1 Прочностные характеристики исследуемого цемента при изгибе



Рис. 2 Прочностные характеристики исследуемого цемента при сжатии

Проведенные исследования подтвердили принципиальную возможность полной замены глинистого компонента в шихте для производства портландцементного клинкера на композицию

промышленных отходов: отхода обогащения КМА, шлака «Макадам» и окалины. Установлено, что полученный цемент через 28 суток твердения развивает прочность при сжатии 41,2 МПа, что соответствует требованиям ГОСТ 31108-2020 для цемента класса прочности 42,5. Таким образом, использование изученных отходов является технологически целесообразным и экономически перспективным направлением в ресурсосберегающем производстве цемента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен, В. К. Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: учеб. пособие / В. К. Классен. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 308.
2. Суханов М.А., Ефимов С.И. и др. Новые пути использования отходов металлургической и энергетической промышленности в технологии вяжущих веществ / М.А. Суханов, С.И. Ефимов и др. // Строительные материалы. — 1991г.- №8.-22-23с.
3. Гаврилюк М.Н., Семериков И.С. Синтез и изучение свойств портландцемента из известняка, фельзита и минерализатора // Фундаментальные исследования. 2013. № 11-2. С. 188-191; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33095> (дата обращения: 27.10.2025).
4. Постникова О. А., Головин С. Н., Пыкин А. А., Лукутцова Н. П., Боровик Е. Г. Структура цементного камня с диспергированным диоксидом титана в суточном возрасте // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №. 11. С. 13-17. DOI: <https://doi.org/10.12737/22432> (дата обращения: 27.10.2025).
5. ГОСТ 5382-2019. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа. – Введ. 2020-06-01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – Текст : непосредственный.
6. ГОСТ 31108-2020. Цементы общестроительные. Технические условия. – Введ. 2021-09-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – Текст : непосредственный.
7. ГОСТ 310.2-76. Цементы. Методы определения тонкости помола. – Введ. 1978-01-01. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003. – Текст : непосредственный.
8. Ю. М. Бутт, В. В. Тимашев. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. Учебное пособие для химико-

технологических специальностей вузов. М., «Высш. школа», 1973.- 212 с.

УДК 004.657

Тарарьев М.С., Ключкина В.А.

Научный руководитель: Школина Т.И., ст. преп.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ И ГРУПП
ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ ВПО ПО ДИСЦИПЛИНАМ
«ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ» И «ЭЛЕКТИВНЫЕ
ДИСЦИПЛИНЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ»
ИСПОЛЬЗУЯ СРЕДСТВА ПЛАТФОРМЫ 1С «Предприятия» 8.3**

Эффективность работы преподавателя в современной системе высшего образования напрямую зависит от объема несвойственной ему административной работы. Значительную часть рабочего времени отнимают процессы, связанные с ежедневным бумажным документооборотом, в частности, ведение журналов посещаемости, учет пропусков и ручное формирование отчетных форм.

Эта проблема особенно остро стоит в рамках дисциплин «Физическая культура и спорт» и «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту», где учет усложняется наличием двух типов групп (базовых и элективных), необходимостью контроля групп здоровья и разнообразием форм проведения занятий и в нередких случаях изменения состава групп. Ручной учет не только неэффективен, но и подвержен человеческому фактору, а его результаты сложны для оперативного анализа.

Стандартным решением проблемы автоматизации издавна являются программные решения, они позволяют заменить монотонный труд преподавателей и повысить качество документооборота.

Ввиду распространенности в России платформы 1С «Предприятия» и основанных на ней отраслевых решений – конфигураций в области образований, а также простоты самого процесса разработки целесообразно разработать собственное решение на базе данной платформы

Актуальность данной разработки обусловлена двумя ключевыми факторами:

1. Сокращение бумажного документооборота в ежедневной преподавательской деятельности для снижения бюрократической нагрузки посредством создания в конфигурации специализированных объектов-документов для отражения и накопления необходимых для учета посещаемости и групп здоровья данных.

2. Возможность автоматического формирования отчетных форм по контролю посещаемости и групп здоровья для предоставления в деканаты и учебные части.

Таким образом, целью работы является разработка программного обеспечения (ПО), которое не просто фиксирует данные, а активно способствует снижению административных затрат времени преподавателя.

Разработанная программа не является просто электронным журналом. Ее архитектура заточена под максимальное упрощение и ускорение типовых операций.

Ключевые функции, направленные на экономию времени:

1. Мгновенная фиксация посещаемости: Интерфейс документов позволяет отметить присутствующих, их тип посещения/пропуска (уважительный/неуважительный) за несколько кликов, заменяя собой бумажный журнал. Пример такого интерфейса представлен на рисунке 1.

Рис. 1 – Пример интерфейса документа посещения занятия

2. Гибкий учет при переходе между группами: Динамическое отражение распределения основных и элективных групп, в случае перевода учащегося в другую группу, формируя чистую историю посещений, в то время как статистика, накопленная в предыдущей группе, сохраняется в полном объеме и остается доступной для отчетности. Это исключает путаницу и обеспечивает целостность

данных по каждому направлению обучения. Пример интерфейса такого механизма представлен на рисунке 2.

N	Студент
1	Тарарьев Матвей Сергеевич
2	Студент 2

Рис. 2 – Пример интерфейса документа распределения элективной группы

3. Автоматическая классификация и подсчет: Система автоматически агрегирует данные за выбранный период (день, месяц, семестр), подсчитывая общее количество часов, посещений/пропусков по типам групп, позволяя тем самым избавить преподавателя от ручных подсчетов.

4. Контроль групп здоровья «в одной программе»: Информация о медицинских допусках студента интегрирована непосредственно в программу независимо от типа занятий, что позволяет производить точный контроль в реальном времени и исключает необходимость сверяться с отдельными бумажными справками. Пример интерфейса, позволяющего это выполнить представлен на рисунке 3.

Студент	Группа здоровья
Виноградов Никита Дмитриевич	Основная I
Тарарьев Матвей Сергеевич	Специальная IIIБ

Рис. 3 – Пример интерфейса отчета о группе здоровья

5. Формирование отчетов по требованию: Преподаватель в любой момент может сгенерировать и распечатать готовый отчет для деканата

или кафедры без необходимости копирования данных в Excel или составления сводок вручную. Пример таких отчетов представлен на рисунке 4.

Отчет посещаемости по группе

Сформировать | Выбрать вариант | Настройки | Еще -

Учебный год: 2025/2026 | Группа: 12002208

Семестр: Семестр 1

Параметры: Учебный год: 2025/2026
Семестр: Семестр 1
Группа: 12002208

Студент	08.10 18:02	13.10 23:25	13.10 23:25
	Метка посещения	Метка посещения	Метка посещения
Виноградов Никита Дмитриевич	негул	П	
Тарарьев Матвей Сергеевич		Н	Корр.

Отчет посещаемости по элективу

Сформировать | Выбрать вариант | Настройки | Еще -

Учебный год: 2025/2026 | Дисциплина: ГТО

Семестр: Семестр 1 | Период проведения: Четверг 10:15 - 11:50

Параметры: Учебный год: 2025/2026
Семестр: Семестр 1
Дисциплина: ГТО
Период проведения: Четверг 10:15 - 11:50

Студент	08.10 18:02
	Метка посещения
Тарарьев Матвей Сергеевич	П

Рис. 4 – Пример интерфейса отчетов посещаемости по группе и элективу

Таким образом, главным результатом работы стало создание программного инструмента, который за счет переноса бюрократических процессов в цифровую среду эффективно снижает административную нагрузку. Устранение ручных операций позволяет преподавателю перераспределить усилия с бумажной работы на методическое совершенствование и взаимодействие со студентами, что соответствует стратегическим целям модернизации образования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концептуальное обоснование направлений совершенствования проектного управления развитием физкультурно-образовательного пространства в вузе / Я. А. Гончарук, С. В. Гончарук, А. В. Воронков, Т. И. Школина // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 6. – С. 74-75. – EDN NKYUOF.
2. Кузнецов, Ю. А. Автоматизация учета посещаемости студентами учебных занятий / Ю. А. Кузнецов, А. В. Гуменникова // Решетневские чтения : Материалы XXV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева. В 2-х частях, Красноярск, 10–12 ноября 2021 года / Под общей редакцией Ю.Ю. Логинова. Том Часть 2. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2021. – С. 378-380. – EDN CDVRBB.

3. Сычев, С. А. Автоматизация процесса учета посещаемости в ВУЗе / С. А. Сычев, А. Н. Дорогобед // Информационные технологии в управлении и экономике. – 2022. – № 1(26). – С. 49-65. – EDN SKJGHO.

4. Шевченко, А. В. Повышение эффективности образовательного процесса за счёт автоматизации учета посещаемости / А. В. Шевченко, В. В. Котляров // Энергоресурсосберегающие и экологически безопасные технологии лесопромышленного комплекса - 2025 : Материалы международной научной конференции, посвященной 95-летию ВГЛУ имени Г.Ф. Морозова и 80-летию Победы в Великой Отечественной войне, Воронеж, 27–28 марта 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 139-142. – DOI 10.58168/E-SESTTI2025_139-142. – EDN UVSHAM.

5. Школина, Т. И. Эффективность элективных дисциплин как средства в подготовке к сдаче норм ГТО / Т. И. Школина, Л. Т. Показанникова, А. В. Ильин // Проблемы современного педагогического образования. – 2021. – № 72-1. – С. 307-310. – EDN ZBDYNU.

УДК 006.015.8

Титов Р.Е., Козлов А.А., Скороходова М.Р.

***Научный руководитель: Кеменов С.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ ОТ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ УГРОЗ

Объекты энергетической инфраструктуры играют ключевую роль в обеспечении функционирования всех сфер жизнедеятельности общества, экономики и национальной безопасности. В связи с этим их устойчивость и безопасность приобретают особую значимость. Современные условия эксплуатации энергетических объектов характеризуются наличием широкого спектра природных и антропогенных угроз, способных нарушить бесперебойную подачу электроэнергии, вызвать техногенные аварии, а в ряде случаев — повлечь за собой масштабные чрезвычайные ситуации. В данной статье рассмотрены первоочередные задачи формирования и реализации эффективных методов защиты объектов энергетики от различных угроз.

Чрезвычайные ситуации, с которыми сталкиваются энергетические объекты, условно подразделяются на природные и

антропогенные. К числу природных угроз относятся: сильные ветровые нагрузки, грозовые разряды, наводнения, землетрясения, снежные заносы, ледяные дожди и оползни. Эти явления способны повредить линии электропередачи, трансформаторные подстанции, гидротехнические сооружения и иные элементы энергетической инфраструктуры.

Антропогенные угрозы включают в себя техногенные аварии, производственные ошибки, диверсии, террористические акты, кибератаки на автоматизированные системы управления и недостатки в проектировании или эксплуатации оборудования. Особую опасность представляет сочетание природных и антропогенных факторов, когда, природное бедствие провоцирует техногенную аварию с серьезными последствиями[1].

Среди мер безопасности объектов можно выделить инженерно-технические методы, представляющие собой систему проектных, конструктивных и технических решений, направленных на повышение устойчивости и сохранности объектов энергетики. Среди таких методов можно выделить применение антисейсмических технологий при строительстве зданий и сооружений, защиту опор линий электропередачи от подмывания, усиление фундаментов и опорных элементов. Также использование молниеотводов (рис.1), заземляющих устройств, оборудования для компенсации перенапряжений является эффективным методом защиты объектов энергетики[2]. Немаловажным комплексом обеспечения безопасности служит установка систем обогрева и вибрационных устройств для борьбы с наледью на линиях электропередачи и трансформаторах.

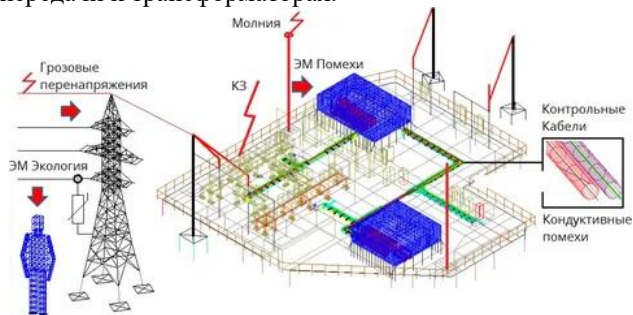


Рис. 1 Молниезащита объектов энергетики

Организационно-технические меры защиты объектов энергетики от природных и антропогенных угроз – это совокупность

управленческих, регламентных и технических действий, направленных на обеспечение устойчивого функционирования энергетической инфраструктуры, предупреждение аварийных ситуаций и минимизацию последствий чрезвычайных происшествий. Основу данных мероприятий составляет системный подход, ориентированный на повышение уровня готовности объектов к возможным угрозам за счёт заблаговременного планирования, мониторинга, информационного обеспечения, квалифицированной подготовки персонала, а также поддержания в исправном состоянии инженерно-технических средств защиты.

К числу ключевых мер относится внедрение систем оперативного мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений и техногенных факторов. Современные энергетические объекты оснащаются автоматизированными системами диспетчерского контроля и управления, позволяющими в реальном времени отслеживать параметры функционирования оборудования, состояние линий электропередачи, трансформаторных подстанций, систем охлаждения и других критически важных компонентов. Использование метеорологических данных, геоинформационных систем (ГИС) и технологий дистанционного зондирования Земли способствует раннему выявлению потенциально опасных изменений в окружающей среде, таких как приближение ураганов, повышение уровня водоёмов, сейсмическая активность или образование наледи[3-4].

Неотъемлемым элементом организационно-технической защиты является резервирование энергетических мощностей и критически важного оборудования. Создание резервных источников питания, таких как автономные дизельные и газовые электростанции, аккумуляторные системы хранения энергии, а также обеспечение отказоустойчивости распределительных сетей позволяет поддерживать электроснабжение при нарушении функционирования основной энергетической инфраструктуры. Особое внимание уделяется оперативному восстановлению работоспособности оборудования — для этого формируются аварийные бригады, подготавливаются ремонтные комплекты, создаются стратегические запасы кабельно-проводниковой продукции, трансформаторов и комплектующих. Важным направлением является проведение плановых тренировок, комплексных учений и технических семинаров способствующих формированию у работников устойчивых навыков оперативного принятия решений, работы в условиях дефицита времени и ресурсов, а также

взаимодействия с органами управления гражданской обороны и аварийно-спасательными службами[5].

Надежность и защищенность объектов энергетики обеспечиваются также с помощью соответствующего правового регулирования. На государственном уровне разрабатываются и внедряются нормативные документы. В частности, это Федеральный закон от 21 июля 2011 г. N 256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» (ред. от 07.07.2025 г.) технические регламенты, ГОСТы, положения о промышленной и энергетической безопасности и отраслевые регламенты.

Исходя из вышеперечисленных методов защиты объектов энергетики от природных и антропогенных угроз, стоит сделать вывод, что защита данной отрасли требует комплексного подхода, сочетающего инженерно и организационно-технические решения, а также правовое регулирование со стороны государства. Только системная работа по всем направлениям позволит существенно снизить вероятность возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций, минимизировать их последствия и обеспечить устойчивое функционирование энергетической инфраструктуры в условиях возрастающих рисков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Тематический блок «Безопасность топливно-энергетического комплекса». Основы безопасности при освоении континентальных шельфов. – М.: Международный гуманитарный фонд «Знание», 2019. – 640 с.

2. Крючек, Н. А. Безопасность и защита населения в чрезвычайных ситуациях: учебник для населения / Н. А. Крючек, В. Н. Латчук, С. К. Миронов и др. ; под общ. ред. Г. Н. Кириллова. — Москва: НЦ ЭНАС, 2003. – 780 с.

3. Кокошин, Андрей Международная энергетическая безопасность / Андрей Кокошин. - М.: Европа, 2019. - 80 с.

4. Крылов, Г.О. Базовые понятия информационной безопасности. Учебное пособие / Г.О. Крылов. - М.: Русайнс, 2019. - 838 с

5. Радоуцкий В.Ю., Полуянов В.П. Тактика сил РСЧС и ГО Белгород: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. 225 с

Токарев В.А., Грищенко М.С.

Научный руководитель: Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Мостовые сооружения, являются критически важными элементами транспортной инфраструктуры несмотря на свою малую протяженность в общей длине автомобильных дорог [1]. Они могут быть выполнены с использованием различных материалов. По материалу пролетного строения различают каменные, металлические, бетонные, железобетонные и деревянные мостовые сооружения. Металл является вторым по распространению материалом пролетного строения, уступая в этом показателе лишь безусловному лидеру - бетону [2].

В процессе длительной эксплуатации мостовые сооружения подвергаются комплексному воздействию деградационных факторов, ключевым из которых является коррозия металлов. Процессы коррозионного разрушения несущих и вспомогательных элементов конструкции представляют собой существенную угрозу общей несущей способности, долговечности и, в конечном счете, эксплуатационной безопасности [3]. Обрушение моста может привести к гораздо более серьезным экономическим последствиям, чем стоимость самого сооружения, например, к гибели людей и нарушению дорожного движения. В условиях повсеместного старения инфраструктуры проблема разработки и применения эффективных методов противокоррозионной защиты сохраняет свою актуальность. Для гарантии надежности и долговечности конструктивных элементов требуется комплексный учет факторов, детерминирующих поведение материалов, а также реализация превентивных мер, направленных на минимизацию или полную нейтрализацию деструктивного воздействия агрессивных внешних условий.

Коррозионные процессы в металлических мостовых конструкциях проявляются в различных формах, каждая из которых характеризуется уникальной степенью опасности и требует специфических подходов к диагностике и защите. Наиболее прогнозируемой и, как следствие, менее опасной является сплошная коррозия представленная на рис .1.



Рис. 1. Сплошная коррозия

Сплошная коррозия характеризуется относительно одновременным разрушением металла по всей открытой поверхности, что приводит к образованию равномерного слоя окалина и ржавчины. Этот процесс приводит к постепенной, но измеримой потере поперечного сечения несущих элементов, таких как стенки и пояса главных балок [4]. Его скорость может быть оценена и учтена при расчете остаточного ресурса конструкции, а основной мерой борьбы служит регулярное нанесение и поддержание в исправном состоянии лакокрасочных или иных защитных покрытий.

Гораздо более серьезную угрозу для целостности и безопасности моста представляют виды локального разрушения, к которым относятся местная и язвенная коррозия. Их ключевая особенность — концентрация разрушительного процесса на ограниченных участках, в то время как остальная поверхность может оставаться практически нетронутой. Местная коррозия часто возникает в конструктивно несовершенных зонах, являющихся концентраторами влаги и агрессивных агентов, таких как противогололедные реагенты [5]. Это зазоры в соединениях, зоны крепления перил, нахлесты листовой обшивки, а также труднодоступные для окраски и визуального контроля клепаные и болтовые соединения. Опасность данного вида заключается в том, что значительная потеря прочности происходит на критически важном, часто высоконапряженном участке элемента. Это может привести к внезапному хрупкому разрушению. При этом, общая степень коррозии конструкции может оцениваться как незначительная. Пример местной коррозии представлен на рис .2.



Рис. 2. Местная коррозия

Язвенная коррозия - частный случай местной, заслуживает отдельного внимания из-за своей агрессивности. Она проявляется в виде отдельных, глубоких кратерообразных поражений — «язв» на поверхности металла [6]. Их образование обычно инициируется локальными дефектами защитного покрытия, которые создают выраженную анодную зону на общем катодном фоне неповрежденной поверхности. Помимо прямого уменьшения рабочего сечения элемента, язвы играют роль мощных концентраторов напряжений. Под действием циклических эксплуатационных нагрузок именно от таких дефектов начинают развиваться усталостные трещины, что катастрофически снижает долговечность конструкции. Наибольшую опасность глубокие язвы представляют для тонкостенных элементов, где они могут привести к сквозному проеданию. Пример язвенной коррозии представлен на рис .3.



Рис. 3. Язвенная коррозия

Таким образом, если сплошная коррозия обуславливает общее «старение» моста, то местная и язвенная формы являются основной причиной внезапных отказов и локальных повреждений. Комплекс методов защиты металлических мостовых сооружений от коррозии подразделяют на первичные, вторичные и специальные меры. Эта многоуровневая стратегия направлена на создание барьеров для агрессивной среды, повышение собственной стойкости материала и контроль над коррозионными процессами [7].

Первичные меры - это фундаментальные меры, закладываемые на стадиях проектирования и изготовления конструкции. Их цель повысить коррозионную стойкость самого материала конструкции или придать ей такие формы, которые минимизируют риск коррозии. Примерами таких мер является:

- введение в состав стали легирующих элементов, таких как хром: (Cr), медь (Cu), никель (Ni) и фосфор (P). Эти элементы способствуют образованию на поверхности стали плотной и прочной оксидной пленки, пассивирующей металл и замедляющей дальнейшую коррозию;
- проектирование конструкций без полостей, щелей и карманов, где может скапливаться влага, пыль и агрессивные вещества;
- проектирование обеспечивает свободный доступ воздуха для просушки и возможность проведения будущих осмотров и ремонтов.

Вторичные меры - это нанесение на поверхность готовой конструкции защитных барьерных покрытий, изолирующих металл от непосредственного контакта с агрессивной средой. Это самый распространенный и видимый метод защиты.

Специальные меры - это инженерные системы, которые активно воздействуют на электрохимическую природу коррозии или кардинально меняют среду вокруг конструкции. Примерами таких мер является:

- катодная защита, при которой к конструкции подключается внешний источник постоянного тока или присоединяются протекторы из более активного металла. Конструкция при этом смещается в катодную область, и процесс ее растворения прекращается. Широко применяется для защиты подземных и подводных частей опор, трубопроводов;
- применение веществ, которые вводятся в малых количествах в агрессивную среду, адсорбируются на поверхности металла и резко замедляют коррозионные процессы.

Однако наиболее эффективный и долговечный результат достигается при комбинированном применении всех трех групп методов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Высоцкая М. А. и др. Одежда ездового полотна мостового сооружения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2021. – №. 4. – С. 21-35.

2. Токарев В. А. и др. Повышение качества содержания мостовых сооружений, как необходимость // Образование. Наука. Производство : Сборник докладов XVI Международного молодежного форума, Белгород, 30–31 октября 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, - 2024. – С. 126-130.

3. Menga A. et al. Corrosion-induced damages and failures of posttensioned bridges: A literature review //Structural Concrete. – 2023. – Т. 24. – №. 1. – С. 84-99.

4. Черных В. К., Овчинников И. И. Моделирование поведения многоэлементных металлических конструкций мостов в реальных условиях эксплуатации // Рецензенты: генеральный директор РУП «Гомельавтодор» СН Лазбекин; д-р техн. наук, профессор АК Головнич (БелГУТ). – 2019. – С. 149.

5. Кузнецов Д. А. Физико-химические процессы и основы разрушения транспортных сооружений на автомобильных дорогах // Региональная архитектура и строительство. – 2022. – № 2 (51). – С. 82-88.

6. Овчинникова Т. С., Маринин А. Н., Овчинников И. Г. Коррозия и антикоррозионная защита железобетонных мостовых конструкций //Вестник евразийской науки. – 2014. – №. 5 (24). – С. 11.

7. Овчинников И. И. и др. Аварии транспортных сооружений и их предупреждение. – 2020.

Токарев В.А., Кабалин М.Д.

*Научный руководитель: Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ БЕТОННОГО ЛОМА

Переработка строительных отходов начинается с демонтажа зданий и сооружений, которые в большинстве случаев представляют собой железобетонные конструкции. Особенности применяемых при сносе объектов методов напрямую определяют эффективность последующей переработки вторичного сырья [1]. К примеру, взрывной способ демонтажа железобетонных объектов одновременно решает задачи первичного измельчения материала и частичного отделения металлической арматуры [2]. Объемы генерации строительных отходов в разных странах представлены на рис. 1.

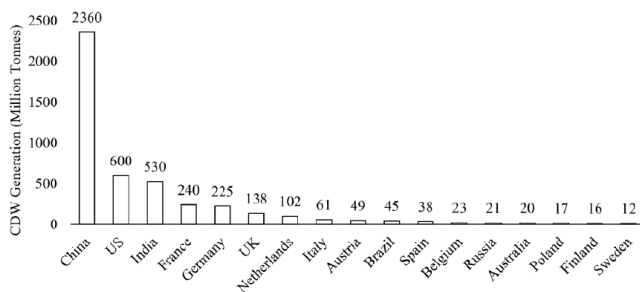


Рис. 1. Количество образующихся строительных отходов [2]

Для получения заполнителей требуемых фракций применяется комплекс технологических операций, включающий дробление в специализированных установках с последующим просеиванием и пневматической сепарацией. Для отделения загрязнений используют следующие технологические операции: ручную сортировку на конвейерах; магнитную сепарацию для отделения ферромагнитных материалов; вибрационное просеивание, пневмосепарацию или промывку для отделения материалов с низкой плотностью и мелких фракций (бумаги, древесины, пластмасс); сортировка в тяжелых суспензиях для отделения легких материалов и водорастворимых веществ [3].

Автоматизация процессов сортировки с применением сенсорных систем технически осуществима, однако ее широкое внедрение сдерживается экономическими факторами. Например, для идентификации различных материалов (минеральных составляющих, древесины, бумаги и пластика) требуется использование ближне-инфракрасной спектроскопии с последующим отбором крупных фрагментов манипуляционными системами [4]. В зависимости от происхождения отходов используются мобильные, полустационарные и стационарные технологические линии. Типовая схема первичной переработки строительного мусора показана на рис. 2.

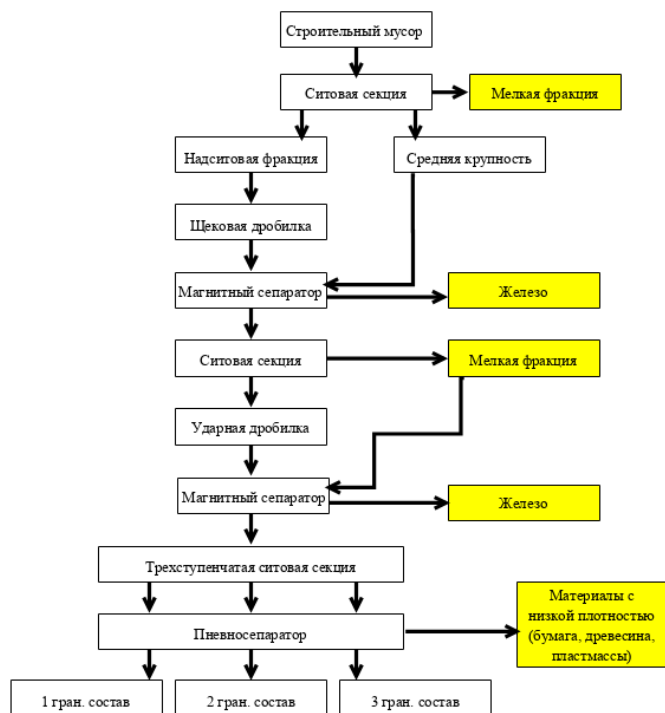


Рис.2. Технологическая схема первичной сортировки строительного мусора

При переработке бетонного лома выбор типа дробилки играет ключевую роль. Щековые, конусные и ударные дробилки имеют свои преимущества и недостатки, зависящие от характеристик исходного материала, требуемого качества щебня и экономической

целесообразности. В ряде случаев возможно использование нескольких типов дробилок.

Дробление в щековой дробилке происходит за счет сжатия материала между двумя плитами, при этом одна из них неподвижна, другая подвижна. Как правило, применяется для первичного дробления крупных кусков бетонного лома и бетона с высокой прочностью. Ее преимущества и недостатки представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Преимущества и недостатки щековой дробилки

Щековая дробилка	
Преимущества	Недостатки
Подходит для крупного и среднего дробления	Получаемый щебень может иметь неоднородную форму
Легкость в обслуживании и ремонте	Не подходит для получения мелких фракций
Может перерабатывать бетонный лом с включениями арматуры	
Энергозатраты ниже по сравнению с конусными и ударными дробилками	

В конусной дробилке дробление происходит за счет сжатия материала между двумя конусами: внешним неподвижным и внутренним подвижным. Как правило применяется для вторичного и третичного дробление. Ее преимущества и недостатки представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Преимущества и недостатки конусной дробилки

Конусная дробилка	
Преимущества	Недостатки
Получаемый щебень имеет кубовидную форму и однородную структуру	Более сложная конструкция и дорогое обслуживание
Подходит для получения мелких фракций	Требуется предварительная сортировка материала
Обеспечивает равномерную подачу материала.	Менее эффективна для первичного дробления

В ударной (роторной) дробилке дробление происходит за счет удара материала о билы или отбойные плиты. Как правило применяется для вторичного дробления и получения мелких фракций щебня с

высокой кубовидностью. Ее преимущества и недостатки представлены в табл. 3.

Таблица 3 - Преимущества и недостатки ударной дробилки

Ударная дробилка	
Преимущества	Недостатки
Получаемый щебень имеет хорошие характеристики для строительства за счет кубовидности	Требует больше энергии по сравнению с щековыми и конусными дробилками
Подходит для получения мелких фракций	Не подходит для первичного дробления крупных кусков
Быстрое дробление бетонного лома	Быстрый износ рабочих элементов

Как видно из представленных данных, выбор дробилки зависит от задач производства. При использовании ударной и конусной дробилки вторичный щебень имеет лучшие характеристики. Также использование таких дробилок подходит для получения мелких фракции и удаления налипшего на заполнитель цементного теста. Однако щековая дробилка более энергоэффективна и лучше подходит для дробления крупных фракций. Поэтому оптимальной является ситуация при которой для первичного дробления используется щековая дробилка, а для последующих ударная или конусовая [5].

Низкий процент применения переработанного бетонного лома для производства новых бетонных изделий обусловлен тем, что типичные современные заводы по переработке обычно производят вторичный щебень низшего сорта, имеющий более низкую плотность, более высокое водопоглощение [6], более низкую устойчивость к истиранию и более высокое содержание сульфатов по сравнению с природными заполнителями [7]. Было показано, что эти свойства перерабатываемого материала, а также его тонкозернистое содержание и форма, оказывают отрицательное влияние на обрабатываемость, прочность и долговечность материала, приготовленного с использованием бетонного лома [8]. Более низкое качество вторичного щебня объясняется его составом, который включает смесь природного материала и затвердевшего цементного теста [9,10]. Поэтому процесс получения вторичного щебня оказывает влияние на его конечные технические характеристики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В. С. и др. Геоника (геомиметика) и поиск оптимальных решений в строительном материаловедении //Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2021. – Т. 18. – №. 1 (77). – С. 120-134.
2. Wang B. et al. A comprehensive review on recycled aggregate and recycled aggregate concrete //Resources, Conservation and Recycling. – 2021. – Т. 171. – С. 105565.
3. Bilitewski B., Marek K., Härdtle G. Abfallwirtschaft: Handbuch für Praxis und Lehre. – Springer-Verlag, 2013.
4. Schnell A. et al. Mineralische Bauabfälle als Rohstoff für die Herstellung leichter Gesteinskörnungen //Recycling und Rohstoffe. – 2012. – Т. 5. – С. 469-494.
5. Ulsen C. et al. Concrete aggregates properties crushed by jaw and impact secondary crushing //Journal of Materials Research and Technology. – 2019. – Т. 8. – №. 1. – С. 494-502.
6. Tam V. W. Y., Soomro M., Evangelista A. C. J. Quality improvement of recycled concrete aggregate by removal of residual mortar: A comprehensive review of approaches adopted //Construction and Building Materials. – 2021. – Т. 288. – С. 123066.
7. Revilla-Cuesta V. et al. Using recycled aggregate concrete at a precast-concrete plant: A multi-criteria company-oriented feasibility study //Journal of Cleaner Production. – 2022. – Т. 373. – С. 133873.
8. Mazhoud B. et al. Influence of residual mortar volume on the properties of recycled concrete aggregates //Journal of Building Engineering. – 2022. – Т. 57. – С. 104945.
9. Zhang H. et al. Long-term shrinkage and mechanical properties of fully recycled aggregate concrete: Testing and modelling //Cement and Concrete Composites. – 2022. – Т. 130. – С. 104527.
10. Высоцкая М. А. и др. Переработанный бетон как компонент для изготовления асфальтобетонной смеси. Обзор Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2024. – № 2. – С. 19–30.

*Усачев Д.В., Голикова Д.О., Косенко Я.Г.
Научный руководитель: Веретельник А. Ф., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

НОВАЯ ЖИЗНЬ СТАРОГО МЕХАНИЗМА: ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ШАРНИРНЫХ СИСТЕМ.

Шарнир-это механизм, позволяющий вращаться двум деталям относительно одной оси и контролирующий угол отклонения между ними. Он позволяет в нужном нам месте превратить жёсткую конструкцию в гибкую и подвижную систему (Рис.1).

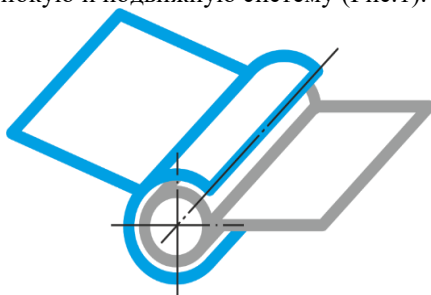


Рис. 1 Простейший шарнирный механизм

Сейчас тяжело представить какое-либо производство без использования шарнирных механизмов, но как же они появились?

Первыми начали использовать шарниры первобытные люди, когда крепили двери к стенке с помощью кожаных ремней или веревок, что по своей сути являлось простейшей системой шарнира.



Рис. 2 Дверная петля



Рис. 3 Катапульта

Позже в Древнем Риме и Греции с появлением технологии выплавки металлов, таких как бронза и железо, появляются шарнирные механизмы уже более похожие на современные, которые используются в петлях дверей и ворот (Рис. 2), а также в рычажных катапультах (Рис. 3).

В период средневековья и Эпохи возрождения данные механизмы получают большую популярность и начинают внедряться повсеместно. Великий ученый Леонардо да Винчи в своих трудах детально разбирает шарнирные механизмы, в том числе изобразил карданный механизм (Рис. 4).

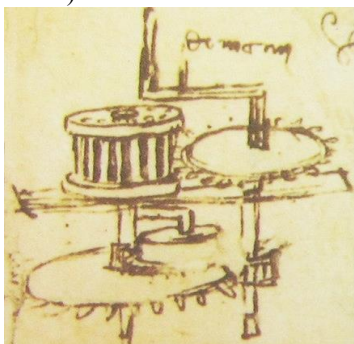


Рис. 4 Прототип карданного механизма Леонардо да Винчи

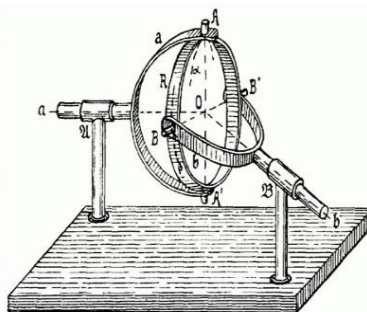


Рис. 5 Карданный механизм Гука, основа будущего изобретённая в прошлом

С наступлением промышленной революции, которая пришлось на период XVII–XIX веков, шарнир становится основой машиностроения. Начиная с 17 века ученые создавали фундаментальную базу механизмов и машин, а уже с 19 века начинается активное развитие шарнирных механизмов для различных областей, так как появляются паровые машины, железнодорожный транспорт и станкостроение. Огромный вклад в представление о шарнирных механизмах внёс Роберт Гук (Рис. 5). Ключевым изобретением стал гомокинетический шарнир (ШРУС), он позволил передавать крутящий момент при переменных углах, что и легло в основу автомобилестроения.

20 век является технологическим рывком, что резко увеличило спрос на шарнирную продукцию. В этот период шарниры проникают во все сферы жизнедеятельности. Шарниры претерпевают уйму преобразований, так как в это время наука не стоит на месте, а

стремительно развивается. Особым спросом пользовались ШРУСы (Рис. 6).

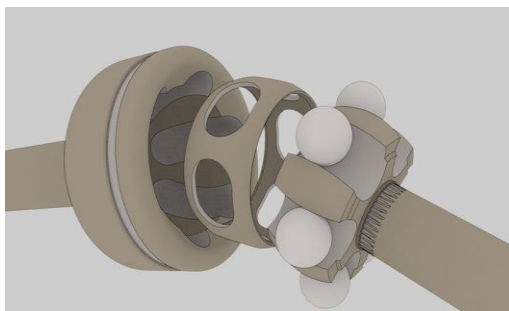


Рис. 6 Внутреннее строение ШРУСа

История шарнирного механизма живое подтверждение того, что некоторые технологии не только не теряют своей актуальности спустя тысячи лет, но и постоянно совершенствуются, проникая всё больше в новые сферы жизнедеятельности.

В настоящее время тяжело представить какое-либо производство без использования шарнира, так как он является неотъемлемой частью любого механизма. Сейчас благодаря новым материалам и технологиям, а также цифровому проектированию шарниры переживают свой ренессанс, становясь инструментом прорывных решений.

Инновационные применения шарнирных систем:

1. Робототехника нового поколения:

- Изготовление шарниров из гибких материалов для безопасного взаимодействия с человеком и работы в хрупких средах.
- Использование шарниров в медицинских экзоскелетах для реабилитации больных.

2. Авиация и космос:

- Использование шарнирных систем в беспилотных летательных аппаратах для прохождения узких пространств.
- Использование шарниров в солнечных батареях и антеннах на космических кораблях для большего контроля над ними.

3. Медицина и бионика:

- Внедрение шарниров в протезы для большего сходства их движений с реальной моторикой частей тела.
- Использование шарниров в медицинских инструментах для проведения более сложных операций.

4. Архитектура и дизайн:

- Внедрение шарниров в мебель, чтобы она могла трансформироваться и уменьшаться в размерах. Полезно для малогабаритных квартир и домов.

На данный момент шарниры эволюционируют за счёт следующих факторов:

- Благодаря новейшим материалам, таким как композиты, сплавы с памятью формы и сверхпрочные полимеры.
- Аддитивные технологии помогают в производстве сложных шарнирных механизмов.
- Большую роль играет точное проектирование (CAD/CAE) и контроль шарниров с помощью различных датчиков.

Шарнир за всю свою тысячелетнюю историю не устарел, а только преобразился в лучшую сторону и продолжает совершенствоваться. По мере новых открытий в механике, электронике, биологии и других областях науки шарнирный механизм будет развиваться и внедряться в новые сферы.

БИБЛИГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А. В. Бубенников Начертательная геометрия / А. В. Бубенников, М. Я. Громов — 2-е изд.— Москва: Машиностроение, 1983. — 288 с.

2. М. Е. Знаменский Геометрические фигуры в технических формах / М. Е. Знаменский — 1-е изд. — Москва: Минпрос. РСФСР, 1960. — 137 с.

3. В. О. Гордон Курс начертательной геометрии / В. О. Гордон, М. А. Огиевский — 24-е изд.— Москва: Высшая школа, 2003. — 72 с.

4. В.И. Ковалев История техники / В.И. Ковалев, А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин — 2-е изд. — Старый Оскол: Тонкие Наукоёмкие Технологии, 2006. — 359 с.

5. А. В. Хуртасенко Оптимизация конструктивных параметров роботомобильных платформ и реализация траектории движения / А. В. Хуртасенко, К. В. Чуев, А. А. Волошкин // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2022. - № 4. - С. 101–115.

6. Н. С. Любимый Оценка экономической эффективности технологии изготовления композитных металл-металлополи- мерных деталей в сравнении с аддитивной и субтрактивной технологиями / Н. С. Любимый, А. А. Польшин, А. А. Тихонов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2022. - № 5. - С. 91–105.

*Усачев Д.В., Голикова Д.О., Лучников Д.В.
Научный руководитель: Чуев К.В., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ МЕТОД ПЕРЕРАБОТКИ ИЗНОШЕННЫХ ШИН

Физико-механический метод переработки основывается на механическом измельчении автомобильных шин, при котором не происходит изменения химического состава резиновой смеси. Данный технологический процесс охватывает в себе несколько последовательных стадий: устранение металлического корда, разрезание шин на крупные составные части, дробление на специальном оборудовании до состояния резиновой крошки, имеющей различную величину фракции. Главными положительными сторонами этого метода являются его экологическая безопасность и способность сохранять полезные свойства резинового материала.

В состав физико-механического метода входят следующие технологические разновидности:

1. Дробление шин с применением механического способа
2. Дробление шин с использованием энергии взрыва
3. Бародеструкция
4. Криодеструкция

Дробление шин механическим способом представляет собой процесс измельчения изношенных автомобильных покрышек и других резиновых отходов на специально предназначенном для этих целей оборудовании, в результате которого получают резиновую крошку, металлический корд и текстильное волокно. Упомянутый метод дает возможность перерабатывать до 95 процентов от общей массы исходного сырья, и он служит базой для последующего изготовления резинотехнических изделий, модифицированных видов строительных материалов и различных покрытий.

Процедура механического дробления включает в себя несколько этапов: удаление бортовых колец, разрезание шин на отдельные сегменты, стадию грубого измельчения, отделение металлокорда и текстильных элементов, а также стадию тонкого дробления резиновой массы до получения частиц заданной фракции, размер которых находится в диапазоне от 0.2 до 10 миллиметров. Ключевое

оборудование, используемое в этом процессе, — это шредеры, дробильные аппараты, роторные измельчители и устройства для сепарации (Рис. 1).

Преимущества метода состоят в отсутствии термического воздействия на материал (что позволяет сохранить первоначальную структуру каучука), в высокой степени экологичности процесса и в наличии возможности точно контролировать фракционный состав итоговой продукции. Основные ограничения, связанные с методом, — это изнашивание режущих компонентов оборудования и существующая необходимость проводить предварительную сортировку шин в соответствии с их размерами и типом конструктивного исполнения.



Рис. 1 Механический способ дробления шин

Дробление шин взрывом — это метод утилизации изношенных автомобильных покрышек, в основе которого лежит использование энергии направленного взрыва для осуществления мгновенного измельчения резины на фрагменты заранее заданного размера. Указанная технология дает возможность эффективно отделять металлический корд и текстильный корд от общей резиновой массы благодаря действию ударной волны, что гарантирует высокую степень чистоты конечного продукта [1].

Процесс взрывного дробления охватывает следующие этапы: помещение шин в специальную камеру, создание вакуумной среды или контролируемой атмосферы, инициирование взрыва посредством зарядов взрывчатого вещества и последующее разделение полученных компонентов. Воздействие взрывной волны приводит к моментальному разрушению структуры резины, но при этом сохраняет структурную целостность металлокорда для его дальнейшей переработки. Размер получаемых фракций резины варьируется от 5 до 50 миллиметров, что зависит от мощности примененного заряда и конструктивных особенностей камеры.

К преимуществам метода относятся высокая производительность (достигающая до 10 тонн шин в час), сниженные энергетические затраты, если проводить сравнение с механическим дроблением, и возможность перерабатывать шины любого типа без необходимости их предварительной подготовки. К числу ограничений причисляются повышенные нормативы безопасности, необходимость получения лицензии на проведение взрывных работ и значительная начальная стоимость необходимого оборудования. Метод демонстрирует наибольшую эффективность на крупных предприятиях, которые имеют большие объемы утилизации.

Бародеструкция — это метод утилизации изношенных шин, который основан на задействовании энергии сжатого газа, находящегося под высоким давлением, для осуществления мгновенного разрушения внутренней структуры резины. Технология позволяет получать высококачественную резиновую крошку с минимальными затратами энергии и с сохранением исходных свойств материала [2].

Процесс бародеструкции включает в себя загрузку предварительно измельченных шин в камеру высокого давления, заполнение этой камеры сжатым газом, осуществление резкого сброса давления и последующую сепарацию продуктов переработки. В результате резиновая масса разделяется на мелкие фракции, отличающиеся высокой степенью чистоты, в то время как металлокорд и текстильные компоненты остаются в практически неповрежденном состоянии.

Преимущества метода заключаются в низких энергетических затратах по сравнению с механическим дроблением, в отсутствии нагрева материала, что способствует сохранению молекулярной структуры каучука, в экологической безопасности процесса, который не сопровождается выбросами вредных веществ, а также в возможности перерабатывать шины, содержащие металлокорд и текстильное усиление.

К ограничениям относятся высокая стоимость используемого оборудования, необходимость проведения этапа предварительного измельчения шин и строгие требования, предъявляемые к уровню квалификации персонала, который работает с системами, функционирующими под высоким давлением.

Криогенное дробление (криодеструкция) — это метод переработки изношенных шин, в основе которого лежит охлаждение резинового материала до сверхнизких температур (ниже -80°C) с применением жидкого азота или углекислого газа с его последующим измельчением в состоянии хрупкости. Данная технология позволяет получать

резиновую крошку, имеющую четкие границы между фракциями и минимальное содержание посторонних примесей.

Процесс криодеструкции включает несколько этапов: предварительное измельчение шин на крупные фрагменты, охлаждение материала в криогенной камере, ударное дробление замороженной резины и сепарацию полученной крошки от металлического и текстильного корда. Ключевое оборудование, используемое в процессе, включает в себя криогенные установки, ударные дробилки и системы, осуществляющие сепарацию (Рис. 2).

Основные преимущества метода заключаются в следующем: получение крошки высокого качества, которая обладает однородной структурой частиц, низкий уровень энергопотребления по сравнению с механическими методами при условии больших объемов переработки, экологическая безопасность процесса, а также возможность перерабатывать шины любого типа и любого размера.

К ограничениям относятся высокая стоимость криогенных агентов, необходимость осуществления тщательной подготовки исходного сырья и повышенные требования, связанные с безопасностью проведения работ с низкотемпературными материалами.



Рис. 2 Криодеструкции

Физико-механический метод переработки изношенных шин демонстрирует себя как высокоэффективный и экологически безопасный подход. Его ключевое преимущество заключается в способности измельчать шины без изменения химической структуры резины, что позволяет сохранить ценные свойства каучука для вторичного использования. Метод обеспечивает глубокую переработку

сырья с получением востребованных продуктов — резиновой крошки, металлокорда и текстиля.

Несмотря на существующие ограничения, такие как износ оборудования и необходимость предварительной сортировки, разнообразие технологических решений позволяет гибко выбирать оптимальный способ утилизации в зависимости от масштабов производства и требуемого качества конечного продукта. Дальнейшее развитие и совершенствование именно этого направления представляется наиболее перспективным для создания экономически конкурентоспособной и экологически ответственной системы обращения с изношенными шинами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондаренко Е.В. Формирование энергоэффективной технологии утилизации автомобильных шин / Бондаренко Е.В., Клищенко В.П., Пославский А.П., Сорокин В.В. // Мир Транспорта и технологических машин, 2011 с. 47-52.

2. Чернышев Д. О. Технологическая переработка старых шин автомобилей - решение экологических проблем / Чернышев Д. О. // Наука, техника и образование. 2019. №3 (56).

3. Чуев, К. В. Технологические аспекты извлечения металлических компонентов из резинотехнических изделий / К. В. Чуев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 12. – С. 106-115.

4. Кравченко, В. М. Анализ основных технологических схем и линий по переработке и утилизации резинотехнических изделий / С. Ю. Лозовая, В. М. Кравченко, Н. М. Лозвой, Я. П. Топчий // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: Межвузовский сборник статей. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. Том Выпуск XX – С. 104-109.

5. Вольфсон, С. И. Методы утилизации шин и резинотехнических изделий / Вольфсон С. И., Фафурина Е. А., Фафурин А. В. Вестник Казанского технологического университета. - 2011. - №1.

6. Чуев, К. В. Имитационное динамическое моделирование процесса извлечения бортового кольца / К. В. Чуев, Т. А. Дуюн, В. Я. Дуганов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2025. – № 4. – С. 133-143.

*Усачев Д.В., Голикова Д.О., Лучников Д.В.
Научный руководитель: Чуев К.В., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕРМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПЕРЕРАБОТКИ ИЗНОШЕННЫХ ШИН

Термический способ утилизации основан на обработке резины высокими температурами, в результате чего происходит её разложение. Продуктами данного процесса являются полезные материалы: пиролизное масло, технический углерод, горючий газ и металлический корд. Такие технологии дают возможность полной переработки шин с получением энергоресурсов и химического сырья. Однако они сопряжены с использованием сложных технических систем и необходимостью контроля образующихся выбросов.

Для термических процессов характерна значительная энергоёмкость, составляющая 800–1200 кВт•ч на тонну исходного материала, при себестоимости переработки около 220–300 долл. США/т и существенных объёмах выбросов (CO_2 — до 450–550 кг/т, NO_x — 3–5 кг/т, диоксины — 0,1–0,3 нг/м³).

К наиболее распространенным и технологически отработанным способам термической переработки изношенных шин относятся три основных метода, каждый из которых имеет свою специфику, преимущества и область применения.

Пиролиз представляет собой процесс термического разложения резинотехнических изделий, в основном отработавших шин, при температуре 400–800°C в условиях отсутствия кислорода [1, 2, 3].

Технологическая цепочка пиролиза состоит из нескольких этапов: подготовка и измельчение исходного материала, загрузка в реактор, нагрев без доступа воздуха, конденсация образующихся паров и сбор продуктов. Основное оборудование включает пиролизные реакторы, системы нагрева, конденсаторы и установки очистки газа (Рис. 1).

Главные достоинства метода: возможность перерабатывать шины всех видов, получение востребованной продукции (пиролизного масла, углеродного остатка, металлокорда), высокая степень утилизации (до 95% массы), а также экологическая безопасность при грамотной организации процесса.

К недостаткам можно отнести значительные первоначальные вложения

в оборудование, потребность в очистке продуктов пиролиза от примесей, а также повышенные требования к квалификации обслуживающего персонала.

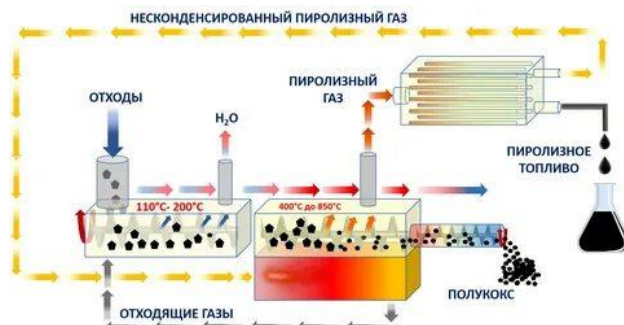


Рис. 1 Оборудование для пиролиза

Газификация — это процесс термической конверсии изношенных шин в регулируемой кислородной атмосфере при температурах 800-1500°C, в ходе которого углеродсодержащее сырьё преобразуется в синтез-газ (смесь CO и H₂) и минеральный остаток[4].

Технология включает подготовку сырья (измельчение шин), загрузку в газификатор, подачу ограниченного количества кислорода или пара, термохимическое разложение и очистку полученного газа. Ключевое оборудование составляют реакторы с кипящим слоем, системы подачи окислителя и газоочистные комплексы (Рис. 2).

Основные преимущества: высокая степень преобразования сырья (до 95%), получение энергетически ценного синтез-газа с теплотворной способностью 10-15 МДж/м³, минимальное образование вредных выбросов при корректной организации процесса, возможность перерабатывать шины, содержащие металлокорд.

Среди ограничений метода — необходимость поддержания высоких температур (требующая подвода внешней энергии), сложность регулирования состава синтез-газа и высокая капиталоемкость установок.



Рис. 2 Установка для газификации

Сжигание шин в качестве топлива — метод утилизации, связанный со значительными экологическими рисками и технологическими трудностями. В процессе сжигания покрышек формируется комплекс высокотоксичных веществ, включая диоксины, фураны, бензапирен, полициклические ароматические углеводороды, а также тяжёлые металлы, такие как цинк и свинец.

Серьёзную опасность представляют оксиды серы, концентрация которых доходит до 1.5-2.0% от массы шин, и хлорорганические соединения, образующиеся при наличии хлора в резиновых смесях [5, 6].

Технологические ограничения обуславливают экономическую нецелесообразность метода. Низкий коэффициент полезного использования (15-25% против 80-85% у природного газа) сочетается с потребностью в дорогостоящих системах многоступенчатой газоочистки, затраты на которую достигают 40-60% от общих расходов на утилизацию. Дополнительные сложности включают коррозию оборудования из-за повышенного содержания серы и цинка, а также отрицательное влияние цинка на качество цементного клинкера.

Перспективы применения метода весьма ограничены. Его использование допустимо лишь на модернизированных производствах, оснащённых полным циклом газоочистки и системами непрерывного мониторинга выбросов, при этом доля шин в общем объёме топлива не должна превышать 20-30%. В современных условиях этот метод проигрывает более экологичным альтернативам, таким как пиролиз или механическое дробление, и находит применение в основном в странах с менее жёсткими экологическими стандартами.

Таким образом, термические методы переработки изношенных шин — пиролиз и сжигание — представляют собой технологически и экономически обоснованное решение глобальной экологической проблемы. Несмотря на существующие вызовы, такие как необходимость очистки продуктов пиролиза и минимизация выбросов при сжигании, эти технологии позволяют эффективно утилизировать отходы и превращать их в ценные энергетические и материальные ресурсы. Дальнейшее развитие и оптимизация термических методов являются ключом к созданию устойчивой, безотходной экономики замкнутого цикла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кравченко, В. М. Анализ основных технологических схем и линий по переработке и утилизации резинотехнических изделий / С. Ю. Лозовая, В. М. Кравченко, Н. М. Лозвой, Я. П. Топчий // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: Межвузовский сборник статей. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. Том Выпуск XX – С. 104-109.
2. Яцун А.В. СВЧ-Пиролиз изношенных автомобильных шин в присутствии гидроксида калия / Яцун А.В., Коновалов П.Н., Коновалов Н.П. // Современный наукоемкие технологии, 2017, с. 83-87.
3. Чуев, К. В. Имитационное динамическое моделирование процесса извлечения бортового кольца / К. В. Чуев, Т. А. Дуюн, В. Я. Дуганов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2025. – № 4. – С. 133-143.
4. Кузнецова В.А. Газификация отработанных автомобильных шин воздушной и паровой плазмой / Кузнецова В.А., Рутберг Ф.Г., Братцев А.Н., Попов В.Е., Уфимцев А.А., Штенгель С.В., Лернер А.С., Субботин Д.И. // Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2011. №2, с. 46-50.
5. Чуев, К. В. Технологические аспекты извлечения металлических компонентов из резинотехнических изделий / К. В. Чуев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 12. – С. 106-115.
6. Валуев Д.В. Перспективы переработки автомобильных покрышек / Валуев Д.В., Ананьева О.Р. // Векторы благополучия: экономика и социум. 2011. №1 (1).

*Фенина Д.О., Черкашин К.В., Науменко В.В., Исса Ю.М.
Научный руководитель: Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ БАЛАНСИРНОЙ БАЛКИ ГУСЕНИЧНОГО БУЛЬДОЗЕРА ЧЕТРА Т35.01

Современные условия разработки месторождений полезных ископаемых характеризуются возрастающей интенсивностью горных работ, для чего требуется повышенная надежность и долговечность горнотранспортного оборудования. В условиях импортозамещения и санкционного давления вопросы повышения выпускаемых единиц отечественной техники приобретают особую значимость для обеспечения технологической самостоятельности горнодобывающей отрасли России.

Гусеничный бульдозер ЧЕТРА Т35.01, являясь ключевым звеном технологических процессов вскрышных работ, подвергается значительным циклическим нагрузкам, особенно при перемещении по неоднородным поверхностям карьерного полях. Согласно технической документации центра технического обслуживания и ремонта, наибольшее число отказов бульдозера Четра Т35.01 возникает в подвеске машины, что выражается в деформации и последующем разрушении (трещина) крепежного элемента (ухо) балансирной балки (рис. 1), что в свою очередь, может вызвать деформацию рамы и повреждение гусеничной тележки бульдозера. Это обстоятельство значительно снижает эксплуатационные возможности машины, резко уменьшает её производительность, а также в разы увеличивает затраты времени и материальных средств на ремонт и обслуживание бульдозера. Поэтому разработка предложения для проведения модернизации балансирной балки бульдозера является актуальной задачей [1].

Рама гусеничного бульдозера представляет собой корытообразную конструкцию, состоящую из продольных лонжеронов и поперечных балок, образующих единую пространственную систему. В центральной части днища расположена открытая поперечная выемка для размещения балансирной балки, которая средней частью установлена на оси и подпружинена относительно верхней стенки выемки.

Концевые части плеч балки, выведенные за лонжероны, оснащены ушами для соединения с рамами ходовых гусеничных тележек. Именно в этих элементах наблюдается высокое напряжение при максимальных отклонениях балки от горизонтального положения во время движения по неровному рельефу [2,3].



Рис. 1 Разрыва в месте крепления (ухло) балансирной балки

Для детального анализа напряженно-деформированного состояния узла крепления балансирной балки применен комплексный подход, включающий наблюдения за работой оборудования в реальных производственных условиях и компьютерное моделирование в интегрированном приложении «SolidWorks Simulation» методом конечных элементов. Программа экспериментальных исследований включала мониторинг рабочих параметров бульдозера с использованием тензометрических датчиков, установленных в критических зонах «ушей» балансирной балки, и акселерометров для регистрации динамических воздействий. Исследование проводилось с учетом фактических режимов работы бульдозера при выполнении планировочных операций и перемещении горной массы. Особое внимание уделено анализу распределения напряжений в месте деформации крепления (ухло) балансирной балки при максимально допустимых углах ее отклонения.

Проведенные исследования позволили установить, что традиционная конструкция узла крепления балансирной балки характеризуется неравномерным распределением нагрузок. Максимальные напряжения в базовой конструкции достигают 166 МПа, что превышает допустимые значения для применяемых марок сталей. Величина деформаций достигает 0,9 мм при минимальном коэффициенте запаса прочности, равном 4, что свидетельствует о

недостаточной надежности конструкции при длительной эксплуатации в тяжелых условиях.

Разработано новое конструктивное решение (рис. 2), предусматривающее установку на ушах балансирной балки ребер жесткости комбинированной геометрии. Особенностью предложенной конструкции является плавный переход от прямолинейного участка к сферической поверхности, что обеспечивает оптимальное перераспределение нагрузок. Геометрические параметры ребер жесткости определены с учетом конфигурации посадочных мест гусеничных тележек и реальных условий нагрузки.

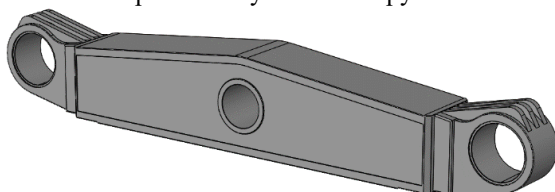


Рис. 2 Предлагаемая модель модернизации балансирной балки

Верификация предложенного решения методами компьютерного моделирования продемонстрировала его высокую эффективность. Максимальные напряжения в модернизированной конструкции не превышают 102 МПа, что на 38,5% ниже исходного значения (рис. 3). Деформации уменьшены до 0,8 мм, а минимальный коэффициент запаса прочности увеличен до 6 (рис. 4), что полностью соответствует требованиям нормативной документации для горнотранспортного оборудования [4].

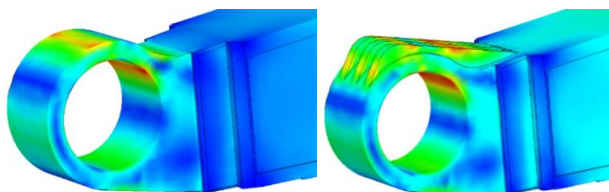


Рис. 3 Распределение напряжения до модернизации и после модернизации

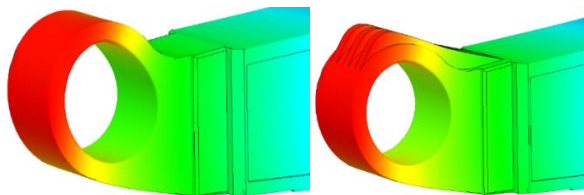


Рис. 4 Значение перемещения до модернизации и после модернизации

Внедрение предложенного конструктивного решения позволит существенно повысить эксплуатационную надежность бульдозеров ЧЕТРА Т35.01, работающих в условиях карьерных разработок. Увеличение ресурса балансирной балки обеспечит рост производительности горных работ за счет сокращения простоев оборудования, связанных с ремонтом и техническим обслуживанием. Дальнейшие исследования планируется направить на оптимизацию геометрических параметров ребер жесткости для различных условий эксплуатации и модификаций бульдозерной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дмитриенко, В.Г., Шеметов Е.Г., Ратушный Н.Г., Шадад М.Х. Разработка предложения для модернизации балансирной балки бульдозера Четра Т35.01 // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов». Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. Выпуск XXI. С.147-152
2. Техническая документация на бульдозер ЧЕТРА Т35.01. – Чебоксары : Промтрактор, 2021. – 234 с.
3. Смирнов, В. Г. Конструктивные особенности рамных конструкций землеройной техники / В. Г. Смирнов // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – 45–52 с.
4. ГОСТ 31551-2019. Машины землеройные. Общие технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 89 с.

Фенина Д.О.

Научный руководитель: Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ БАЛАНСИРНОЙ БАЛКИ ГУСЕНИЧНОГО БУЛЬДОЗЕРА ЧЕТРА Т35.01

Современные условия разработки месторождений полезных ископаемых характеризуются возрастающей интенсивностью горных работ, для чего требуется повышенная надежность и долговечность горнотранспортного оборудования. В условиях импортозамещения и санкционного давления вопросы повышения выпускаемых единиц отечественной техники приобретают особую значимость для обеспечения технологической самостоятельности горнодобывающей отрасли России. Гусеничный бульдозер ЧЕТРА Т35.01, являясь ключевым звеном технологических процессов вскрышных работ, подвергается значительным циклическим нагрузкам, особенно при перемещении по неоднородным поверхностям карьерного поля. Эксплуатационные наблюдения свидетельствуют о возникновении пластических деформаций и усталостных разрушений в зоне крепления балансирной балки, что обусловлено концентрацией напряжений при критических углах отклонения конструкции от горизонтального положения.

Рама гусеничного бульдозера представляет собой корытообразную конструкцию, состоящую из продольных лонжеронов и поперечных балок, образующих единую пространственную систему. В центральной части днища расположена открытая поперечная выемка для размещения балансирной балки, которая средней частью установлена на оси и подпружинена относительно верхней стенки выемки. Концевые части плеч балки, выведенные за лонжероны, оснащены ушами для соединения с рамами ходовых гусеничных тележек. Именно в этих элементах наблюдается высокое напряжение при максимальных отклонениях балки от горизонтального положения во время движения по неровному рельефу [2;3].

Для детального анализа напряженно-деформированного состояния узла крепления балансирной балки применен комплексный подход, включающий наблюдения за работой оборудования в реальных

производственных условиях и компьютерное моделирование в интегрированном приложении «SolidWorks Simulation» методом конечных элементов. Программа экспериментальных исследований включала мониторинг рабочих параметров бульдозера с использованием тензометрических датчиков, установленных в критических зонах «ушей» балансирной балки, и акселерометров для регистрации динамических воздействий. Исследование проводилось с учетом фактических режимов работы бульдозера при выполнении планировочных операций и перемещении горной массы. Особое внимание уделено анализу распределения напряжений в месте деформации крепления (ухо) балансирной балки при максимально допустимых углах ее отклонения.

Проведенные исследования позволили установить, что традиционная конструкция узла крепления балансирной балки характеризуется неравномерным распределением нагрузок. Максимальные напряжения в базовой конструкции достигают 166 МПа, что превышает допустимые значения для применяемых марок сталей. Величина деформаций достигает 0,9 мм при минимальном коэффициенте запаса прочности, равном 4, что свидетельствует о недостаточной надежности конструкции при длительной эксплуатации в тяжелых условиях.

Разработано новое конструктивное решение, предусматривающее установку на ушах балансирной балки ребер жесткости комбинированной геометрии. Особенностью предложенной конструкции является плавный переход от прямолинейного участка к сферической поверхности, что обеспечивает оптимальное перераспределение нагрузок. Геометрические параметры ребер жесткости определены с учетом конфигурации посадочных мест гусеничных тележек и реальных условий нагрузки.

Верификация предложенного решения методами компьютерного моделирования продемонстрировала его высокую эффективность. Максимальные напряжения в модернизированной конструкции не превышают 102 МПа, что на 38,5% ниже исходного значения. Деформации уменьшены до 0,8 мм, а минимальный коэффициент запаса прочности увеличен до 6, что полностью соответствует требованиям нормативной документации для горнотранспортного оборудования [4].

Внедрение предложенного конструктивного решения позволит существенно повысить эксплуатационную надежность бульдозеров ЧЕТРА Т35.01, работающих в условиях карьерных разработок. Увеличение ресурса балансирной балки обеспечит рост

производительности горных работ за счет сокращения простоев оборудования, связанных с ремонтом и техническим обслуживанием. Дальнейшие исследования планируется направить на оптимизацию геометрических параметров ребер жесткости для различных условий эксплуатации и модификаций бульдозерной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Динамика и прочность горнотранспортных машин / А. В. Иванов, С. К. Петров. – Москва : Горная книга, 2020. – 456 с.
2. Техническая документация на бульдозер ЧЕТРА ТЗ5.01. – Чебоксары : Промтрактор, 2021. – 234 с.
3. Смирнов, В. Г. Конструктивные особенности рамных конструкций землеройной техники / В. Г. Смирнов // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – 45–52 с.
4. ГОСТ 31551-2019. Машины землеройные. Общие технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 89 с.

УДК 004

Фонова А.Ю.

*Научный руководитель: Кадацкая Д.В, канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BPMS (BUSINESS PROCESS MANAGEMENT SYSTEMS) В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Цифровая трансформация по своей сути является не просто внедрением новых технологий, а фундаментальным переосмыслением бизнес-моделей, операционных процессов и парадигм взаимодействия с клиентами. В основе этих глубоких изменений лежит переход к процессному подходу, при котором деятельность организации начинает рассматриваться как совокупность взаимосвязанных, управляемых и измеримых бизнес-процессов. Технологической основой для реализации такого подхода выступают системы управления бизнес-процессами (BPMS). В отличие от классических систем автоматизации, исторически ориентированных на отдельные функции, будь то ERP или CRM, BPMS фокусируются на управлении сквозными процессами,

которые пересекают границы функциональных подразделений и интегрируют различные информационные системы. Именно эта способность к оркестрации сложных взаимодействий делает BPMS стратегически важным инструментом в современную эпоху.

Центральным элементом BPMS является формальное моделирование бизнес-процессов с использованием стандартизированных нотаций, таких как BPMN 2.0, что позволяет создать однозначную и понятную всем участникам графическую модель. Ключевое достоинство современных BPMS состоит в том, что эта модель является не просто статической диаграммой для документации, а непосредственно исполняемым артефактом [1]. Платформа способна «читать» модель и автоматически координировать выполнение процесса в точном соответствии с заложенной логикой: назначать задачи сотрудникам, вызывать сервисы других информационных систем и обрабатывать бизнес-правила. Такой подход, известный как «модель-ориентированное исполнение», радикально сокращает разрыв между проектированием и реальным внедрением бизнес-процесса, обеспечивая высокую скорость внесения изменений и адаптивность организации к новым требованиям рынка.

Ценность BPMS не исчерпывается моделированием и исполнением; система обеспечивает итеративный жизненный цикл, направленный на непрерывное совершенствование процессов. После запуска система начинает сбор детальной телеметрии по каждому экземпляру процесса, фиксируя время выполнения шагов, стоимость, загрузку ресурсов и частоту отклонений от стандартного маршрута. Эти данные становятся прочной основой для объективного анализа и последующей оптимизации. С помощью встроенных инструментов мониторинга и технологий процессной аналитики (Process Mining) менеджеры получают возможность выявлять «узкие места», избыточные операции и точки принятия неэффективных решений. На основе этого анализа модель процесса корректируется, после чего ее новая, оптимизированная версия мгновенно разворачивается в продуктивной среде, реализуя классический цикл Деминга (PDCA) и создавая в организации культуру непрерывных улучшений, основанных на данных, а не на интуиции [2].

В условиях цифровой трансформации BPMS также берут на себя критически важную роль интеграционной платформы, связывая воедино гетерогенный ИТ-ландшафт предприятия. Современные бизнес-процессы, такие как «от заказа до оплаты», требуют слаженного взаимодействия с множеством систем: от веб-сайта и CRM до ERP и

складских комплексов. BPMS выступает в качестве центрального оркестратора, который по заданной бизнес-логике вызывает API-интерфейсы этих систем, передает между ними данные и гарантирует целостность сквозного процесса. Более того, BPMS могут интегрироваться с внешними интеллектуальными сервисами для поддержки принятия решений. Например, в процессе рассмотрения кредитной заявки система способна автоматически обратиться к внешнему скоринговому сервису для прогнозирования рисков, чтобы обогатить задачу данными и предоставить сотруднику готовые рекомендации, тем самым встраивая элементы искусственного интеллекта непосредственно в канву операционных процессов.

Таким образом, в контексте цифровой трансформации BPMS эволюционировали от утилитарных инструментов автоматизации до стратегических платформ управления операционной гибкостью. Они обеспечивают прозрачность, управляемость и измеримость бизнес-процессов, позволяя компаниям быстро адаптироваться к изменяющимся условиям, оптимизировать ресурсы и повышать качество клиентского опыта. Внедрение BPMS способствует устранению функциональной разобщенности, выстраиванию эффективных сквозных процессов и созданию прочной основы для дальнейшего внедрения более сложных интеллектуальных технологий в операционную деятельность предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лаврова, Ю. С. Интеллектуальные информационные системы для прогнозирования банкротств малого бизнеса / Ю. С. Лаврова, В. А. Бондарь, А. А. Алимпиев // *Advances in Science and Technology* : Сборник статей LXIX международной научно-практической конференции, Москва, 15 июня 2025 года. – Москва: Научно-издательский центр "Актуальность.РФ", 2025. – С. 46-47. – EDN VMAEHM.

2. Давыдова Т.В. Искусственный интеллект в управлении бизнесом // *Journal of Monetary Economics and Management*. 2025. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-upravlenii-biznesom-1> (дата обращения: 10.10.2025).

Хохлов Д.О.

*Научный руководитель: Юдин К.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАРБОТАЖА В ПРИЯМКАХ ММС «ГИДРОФОЛ»

Мельницы мокрого самоизмельчения (ММС) «Гидрофол» широко применяются в цементной промышленности для грубого помола сырьевых материалов. Одной из проблем эксплуатации таких мельниц является накопление шлама в приемках, что приводит к снижению эффективности процесса, увеличению энергозатрат и необходимости частой очистки.

Барботаж – метод продувки сжатым воздухом через слой жидкости.

Современные тенденции развития цементной промышленности требуют постоянного совершенствования технологических процессов, особенно на энергоемких стадиях измельчения сырья. Мельницы мокрого самоизмельчения типа «Гидрофол» занимают ключевое положение в технологических схемах подготовки сырьевых смесей, обеспечивая грубый помол материала с минимальными энергозатратами.

Одной из значительных проблем в эксплуатации мельниц мокрого самоизмельчения является образование зон застоя пульпы в технологических приемках, что приводит к:

- Неравномерности гранулометрического состава перекачиваемого шлама;
- Увеличению «мертвых» объемов, снижающих полезную емкость приемков;
- Росту эксплуатационных расходов на обслуживание и очистку.

Традиционные методы решения этих проблем (механическое перемешивание, гидравлическая промывка) обладают рядом ограничений, что стимулирует поиск альтернативных технологических решений. В этом контексте барботажная аэрация представляет особый интерес как метод, сочетающий эффективное перемешивание с относительно простой аппаратурной реализацией.

Основными тенденциями применения барботажа в приемках ММС «Гидрофол» являются: повышение гомогенности грубомолотого

шлама, снижение «мёртвого» остатка в приемке, сокращение затрат на очистку.

Барботаж обеспечивает турбулентное перемешивание, снижающее расслоение пульпы, а также равномерное распределение твёрдой фазы, что улучшает последующую переработку. При расходе воздуха $3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ крупность частиц в откачиваемом шламе варьировалась на 15% меньше, чем без аэрации.

Также постоянная аэрация предотвращает осаждение и уплотнение шлама. На предприятиях, внедривших барботаж, объём «мёртвого» остатка сократился на 30–50%.

Вследствие снижения объёма «мертвого» остатка уменьшается частота остановок для ручной очистки приемков, что приводит к снижению расходов на обслуживание на 20 – 35%.

Основным недостатком внедрения барботажа является высокое энергопотребление вследствие большого расхода воздуха. Типичный расход воздуха может составлять 2–5 $\text{м}^3/\text{мин}$ на 1 м^2 приемка. Доля энергопотребления компрессоров может достигать 50–70% от общей стоимости эксплуатации.

В связи с данными обстоятельствами предлагаем следующие пути оптимизации:

- Применение энергоэффективных диффузоров (керамические, мембранные);
- Циклическая работа (управление по датчикам осадка);
- Гибридные системы (барботаж + гидроструйная промывка).

Барботажная система в приемках ММС "Гидрофол" включает: воздухоподготовительный блок (компрессор с фильтрами осушки), распределительную сеть из нержавеющей труб $\text{Ø}50\text{-}80$ мм, аэрационные элементы (диффузоры с размером пор 50-100 мкм), систему автоматического управления (по датчикам плотности).

Оптимальные параметры работы для данной системы:

- Давление воздуха: 0,3-0,5 бар;
- Удельный расход: 2-3 $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$;
- Глубина погружения: 0,7-1,2 м от уровня пульпы.

Объём «мертвого» остатка без применения аэрации составляет 25 – 30%, после внедрения барботажа спустя 1 месяц аэрации этот объём может сократиться до показателя в 15 – 18%, а после 6 месяцев эксплуатации – до 8 – 12%. Эффект достигается за счет постоянного взмучивания осаждающихся частиц, предотвращения уплотнения нижних слоев, а также самоочистки труднодоступных зон.

Полученные результаты демонстрируют, что барботажная аэрация представляет собой эффективное решение для модернизации существующих и проектирования новых технологических линий с ММС "Гидрофол". Внедрение данной технологии позволяет существенно повысить эффективность процессов мокрого самоизмельчения при соблюдении принципов энергосбережения.

Технологические преимущества:

- Обеспечивается повышение гомогенности шлама с уменьшением коэффициента вариации крупности частиц на 35-40%;
- Снижается объем "мертвых" зон с 25-30% до 8-12% от общего объема приемка;
- Улучшаются реологические характеристики пульпы, что способствует стабильности последующих технологических операций.

Экономическая эффективность:

- Достигается сокращение эксплуатационных расходов на 20-35%;
- Уменьшаются затраты на очистные операции и обслуживание.

Основным ограничением метода остается высокое энергопотребление, достигающее 50-70% от общих эксплуатационных затрат. Однако проведенный анализ показывает, что применение современных технических решений (энергоэффективных диффузоров, циклического управления, гибридных систем) позволяет существенно снизить этот показатель.

Перспективными направлениями дальнейшего развития технологии являются: внедрение интеллектуальных систем управления с адаптацией к изменяющимся параметрам пульпы, разработка комбинированных методов аэрации с гидромеханическим воздействием, а также оптимизация конструкций аэрационных элементов для конкретных типов сырья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов А.В. «Интенсификация процессов мокрого измельчения». – М.: Стройиздат, 2020.
2. Богданов В.С., Богданов Д.В., Семикопенко И.А. Процессы в производстве строительных материалов и изделий: учебник для Вузов. – Старый Оскол: Изд-во ТНТ, 2018. – 512 с.

Худяков М.В.

Научный руководитель: Коршаков К.С., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРЕДИКТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ CTR В TELEGRAM НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КОНТЕНТА

Telegram — это уже давно не просто мессенджер. Это мощная экосистема для контента и рекламы. В этой бурлящей цифровой среде умение предсказать, нажмет ли пользователь на ссылку (тот самый Click-Through Rate, или CTR), становится решающим. Это святой Грааль. Для рекламных систем точный прогноз CTR — основа всего. Он определяет доходы авторов и успех кампаний. Но Telegram — особый случай. Его аномально высокие показатели кликабельности и уникальная динамика бросают вызов старым моделям. Нужен новый подход. Глубокий. Семантический.

Модели прогнозирования CTR прошли долгий путь. Всё начиналось с простой логистической регрессии, а пришло к сложным нейросетям вроде DeepFM. Они отлично научились работать с ID пользователей и контента. Но у них была ахиллесова пята. Они были бессильны перед новым контентом, у которого еще нет истории. Это проблема «холодного старта». Именно здесь Telegram диктует свои правила. Платформа показывает невиданный базовый CTR. Цифры говорят сами за себя: от 2.77% до 5.2%, а в некоторых форматах — до 40%. Сравните это с Facebook, где средний CTR редко переваливает за 1.61%. В таких условиях даже крошечное улучшение точности, скажем, рост метрики AUC на 0.18%, превращается в огромную экономическую выгоду в масштабах миллионов показов. Что же делать с «холодным стартом»? Ответ — глубокий семантический анализ. Сам текст поста. В нём скрыта вся информация о теме, стиле и настроении. Это позволяет модели оценить потенциал публикации еще до первого клика. Исследования это подтверждают. Модели на основе языковых гигантов вроде BERT показывают прирост AUC на 1.7% для нового контента. Семантика — лучший способ «прогреть» холодные посты.

Простого анализа тем уже недостаточно. Чтобы построить эффективную модель для Telegram, нужно копнуть глубже, в самую суть языка, в его психологию. Сложность имеет значение. Лента

Telegram прокручивается быстро, очень быстро, и если текст требует серьезных умственных усилий, его, скорее всего, проигнорируют. Длина предложений и запутанность синтаксиса — всё это важные предикторы. Также необходимо овладеть искусством конкретики. Связь между конкретностью заголовка и CTR нелинейна; она похожа на перевернутую букву U. Слишком размыто — неинтересно. Слишком детально — любопытство удовлетворено, и кликать незачем. Модель должна поймать этот хрупкий баланс, найти ту самую золотую середину. Не менее важны намерение и эмоции. Зачем написан этот текст? Чтобы сообщить, убедить или вызвать чувства? Для привлечения внимания, что и нужно для CTR, лучше всего работает субъективный, экспрессивный язык, в то время как сухая объективность хороша для конверсии, но не для первого клика. Наконец, есть тайные сигналы: эмодзи и форматирование. Это мощнейшие инструменты. Один удачный эмодзи может повысить CTR на 28%, добавляя эмоций и цепляя взгляд. Но здесь важна мера. Переборщите — и эффект будет обратным, ведь посты с тремя и более эмодзи теряли в кликах 12.8%. То же самое и с призывом к действию. Четкий Call-to-Action, особенно выделенный как кнопка, способен поднять кликабельность на 32%.

Посты в Telegram часто короткие, семантически разреженные. Старые методы, вроде LDA, здесь пасуют. Они просто неэффективны. На сцену выходят архитектуры на основе Transformer. BERT и его аналоги. Они способны улавливать сложный контекст даже в паре предложений, создавая плотные и качественные семантические признаки для основной модели. Критически важный момент: большая часть контента в Telegram — на русском. Значит, нужны модели, обученные именно на релевантных русскоязычных данных (RuNLP). Язык — живой организм. Он меняется, рождаются неологизмы, слова обретают новые смыслы. Модели нужно регулярно обновлять, иначе их точность неизбежно упадет. Но и это еще не все. Посты — это не только текст. Это изображения, видео, аудио. Игнорировать визуальную часть — значит терять огромный пласт информации. Современные мультимодальные подходы (MNLP) объединяют данные из разных источников. И результат налицо: внедрение таких модулей стабильно улучшает AUC. Синергия текста и визуала — мощный предиктор успеха.

Качество прогноза зависит не только от самих признаков. Важно, как модель улавливает их сложные, порой неочевидные взаимодействия. Современные архитектуры — это не простое сложение векторов. Модели вроде TFNet и MeFiNet используют сложные

тензорные операции, чтобы найти синергию признаков в разных семантических пространствах. MeFiNet пошел еще дальше: он динамически взвешивает важность этих взаимодействий, что позволило улучшить AUC на 0.18% по сравнению с DeepFM. А что делать с тяжелыми языковыми моделями в реальном времени? Они требуют огромных ресурсов. Решение есть. Фреймворк BERT4CTR использует механизм Uni-Attention, который эффективно "подмешивает" текстовые эмбединги к другим признакам на самых ранних слоях. Результат? Точность выросла (AUC +0.6%), а затраты на вычисления сократились на 52%. Это победа для промышленных систем. Наконец, пользователь. Его интересы не статичны. Они меняются. Модели вроде BST или DIN анализируют историю взаимодействий, чтобы понять текущее намерение пользователя. А намерение — это один из сильнейших предсказателей клика.

Как мы измеряем успех? Метрика AUC показывает общую способность модели к ранжированию. Но в мире, где кликов всегда гораздо меньше, чем показов, важен PR AUC. Однако для бизнеса ключевой метрикой часто становится LogLoss. Почему? Она жестко наказывает модель за излишнюю самоуверенность в неверных прогнозах. Это делает ее идеальным индикатором для принятия финансовых решений. И нельзя забывать о главном. Telegram — это сеть. Контент здесь живет своей жизнью, распространяясь через репосты. Вирусный потенциал. Его можно предсказать, анализируя семантику поста — например, его эмоциональность. И этот потенциал, в свою очередь, напрямую влияет на итоговый CTR. Получается замкнутый круг: семантика предсказывает виральность, а виральность влияет на кликабельность.

Прогнозирование CTR в Telegram — это нетривиальная задача. Она требует гораздо большего, чем стандартные подходы. Успех лежит на стыке тонкого психолингвистического анализа, мощи современных языковых моделей, адаптированных под русский язык, и сложных нейросетевых архитектур. В мире аномально высокого CTR и жесткой конкуренции именно глубокое понимание семантики контента становится ключом к созданию моделей, которые не просто ранжируют. Они дают точные, экономически обоснованные прогнозы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стативко, Р. У. Оценка показателя - "использование" нечетких информационных систем на основе нечеткой квалиметрии / Р. У.

Стативко // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2015. – № 4. – С. 18-23. – EDN TPVVGH.

2. Марусев Е. А., Порошин Д. А. Разработка прототипа семантического анализатора новостного контента. – 2023.

3. Усен Е. Б. Применение нейросетевых моделей для семантического анализа публикаций в социальных сетях // Вестник науки. – 2025. – Т. 4. – №. 2 (83). – С. 480-485.

4. Гоник Г. Г., Пивнева Д. Н., Андриенко А. И. Статистический анализ данных в маркетинге и рекламе // Вестник Академии знаний. – 2024. – №. 2 (61). – С. 137-140.

5. Чачис Д. Ю. Оптимизация маркетинговых кампаний с помощью машинного обучения // Вестник науки. – 2025. – Т. 2. – №. 4 (85). – С. 757-761.

УДК 666.9

Чалов Д.С.

Научный руководитель: Кожухова Н.И., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОБАВОК РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ В СОСТАВЕ ГЕОПОЛИМЕРНОЙ ВЯЖУЩЕЙ СИСТЕМЫ

Вопросы экологии и необходимость сокращения выбросов углекислого газа (CO_2), являются ключевыми для развития современной строительной отрасли. Цементная промышленность занимает весомый процент от общего объема CO_2 выбросов, кроме этого использует значительное количество природных ресурсов и обладает высоким спросом на энергоснабжение. Эти факторы, способствуют поиску альтернативного материала с уменьшенным углеродным следом, экономической целесообразностью и долговечностью.

Материалы щелочной активации, в частности, геополимеры рассматриваются в качестве экологически чистой альтернативы портландцементу для производства строительных растворов и бетонов. Геополимеры синтезируют в результате химического взаимодействия между алюмосиликатными прекурсорами, которые получают из природных минералов или промышленных отходов и щелочным активатором. В качестве наиболее популярного сырья для получения алюмосиликатов используются: золы-уноса ТЭС, топливные и

металлургические шлаки, прокалённая глина, вулканический пепел, метакраин и др. [1–3]. Наиболее распространенными щелочными активаторами, используемыми при синтезе геополимеров, являются NaOH, Na₂SiO₃, KOH. Однако, твердые щелочи NaOH и KOH гигроскопичны, коррозионны и приводят к образованию карбонатов, проявляющихся в виде высолов на поверхности изделий. Использование щелочей Na₂SiO₃ и K₂SiO₃ более эффективно для получения геополимеров. В некоторых исследованиях делаются попытки по введению добавок как связующего или модифицирующего компонента, которые содержат в своем составе дополнительные щелочноземельные или щелочные катионы [4]. Например, некоторые исследования показали, что добавление Ca(OH)₂ к метакраину в щелочной среде улучшает характеристики получаемого продукта, особенно, прочность [5]. Однако для успешного геополимерного синтеза для источников щелочных компонентов должно быть ограничено, чтобы избежать избытка щелочи и дальнейших негативных последствий, вызванных ее нахождением в системе в свободном или метастабильном состоянии.

Одним из частых компонентов в составе геополимеров с целью воздействия на их реологические характеристики являются различного рода пластификаторы. Однако, в щелочеактивированных системах пластифицирующие добавки способны изменять свою эффективность в зависимости от степени щелочности среды. Так в высокощелочной среде (pH > 13) происходят изменения структуры. Такие изменения достаточно ярко выражены при исследовании такого рода добавок как водные растворы Ca(OH)₂ (pH = 12,40), NaOH (pH = 13,6) и жидкое стекло (pH = 13,40) [6, 7]. Степень изменения эффективности пластификатора, также можно регулировать путем изменения природы щелочного активатора [8]. Например, в случае введения суперпластификатора поликарбоксилатного типа гидролиз эфирных групп приводит к формированию карбоксилатных солей и соответствующих простых эфиров. В результате один из продуктов данной реакции, состоящий из главных цепей с карбоксилатными группами, адсорбируется на поверхности минеральных частиц щелочного цемента (например, шлака), а боковые цепи, включающие в себя простые эфиры и одноатомные спирты, отрываются от главных цепей. Как следствие, стерический эффект действия добавок практически исчезает [9, 10].

Таким образом, для обеспечения требуемых характеристик геополимерным материалам зачастую приходится использовать

комплекс активных добавок: минеральных и органических. Однако, на сегодняшний день вопросы их совместного поведения в геополимерной матрице и влияния на свойства конечного композита практически не освещены в научной литературе. В этом контексте работа нацелена сформировать представление о возможном влиянии совместного использования минеральных добавок, содержащих катионы кальция и органической добавки-суперпластификатора на эффективность геополимерного синтеза.

Для реализации поставленной цели в рамках исследования было установлено влияние применения (раздельного / совместного) добавок разной природы на: pH реакционной среды; прочностные характеристики затвердевшего геополимерного камня.

Для получения геополимерной матрицы использовался перлит Мухор-Талинского месторождения – в качестве алюмосиликатного компонента; гидроксид натрия NaOH – в качестве щелочного активатора.

В качестве минеральных добавок использовались: 1) Мраморная крошка (МК), которая является отходом, получаемым, при добыче мрамора на карьере: его измельчении, транспортировке и хранении. МК используется с размером частиц менее 0.25 мкм. 2) Фосфогипс (ФГ) представляет собой мелкодисперсный порошок, на 80...98 % состоящий из дигидрата и полугидрата сульфата кальция в виде мелких кристаллов. Образуется как побочный продукт при производстве удобрений из фосфоритной породы. 3) Суперпластификатор С-3 на поликарбоксилатной основе (СП).

При оценке влияния на pH реакционной среды для геополимерной системы добавки вносились в дистиллированную воду (рис. 1) в равном количестве от массы раствора (10 %), поскольку, по предварительным исследованиям рабочая среда является концентрированной и с заведомо высоким pH (более 13), что не позволяет зафиксировать изменения в этом показателе при введении рассматриваемых добавок (табл. 1).



Рис. 1 Внешний вид 10 % водных растворов с разными добавками а) МК; б) ФГ; в) СП

После добавления МК и ФГ наблюдается слабое помутнение раствора с оттенком белого цвета (рис. 1, а). После добавления СП и его равномерного перемешивания в воде, раствор приобретает желтоватый оттенок (рис. 1, в).

Результаты pH для полученных растворов представлены в таблице 1. Полученные данные демонстрируют, что введение добавок в дистиллированную воду в разной степени увеличивают pH раствора: МК и ФГ – в большей степени (pH = 9,51 и 10, соответственно); СП – в меньшей (pH = 7).

Таблица 1 – Результаты pH для экспериментальных растворов

№	Наименование	Показатель pH
1	Вода + ФГ	9,5
2	Вода + МК	10,1
3	Вода + СП	7,0
4	Контроль (дист. вода)	6,5
5	Вода +NaOH	13,4
6	Вода + СП + NaOH	13,5
7	Вода + ФГ+ NaOH	13,5
8	Вода + МК+NaOH	13,5

Для понимания возможности раздельного и совместного использования данных минеральных добавок в геополимерной системе, на следующем этапе работы были проведены испытания на определение предела прочности при сжатии геополимерных камней с разными комбинациями компонентного состава (табл. 2). Для этого были заформованы образцы в виде кубиков размером 20×20×20 мм. Испытания для образцов проводились в возрасте 7, 14 и 28 суток.

Результаты испытаний на предел прочности при сжатии приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Прочностные характеристики геополимеров в зависимости от длительности твердения и компонентного состава

№	Наименование	Прочность сжатия, МПа		
		7 день	14 день	28 день
1	Перлит+NaOH + МК	13,3	15,17	20,65
2	Перлит + NaOH + ФГ	7,95	10,34	18,69
	Перлит+NaOH	12,42	19,53	20,70
3	Перлит +NaOH + МК+СП	11,4	11,93	14,61
4	Перлит+NaOH + ФГ+СП	4,8	7,30	9,30
5	Перлит+NaOH + СП	9,21	9,31	19,43

Результаты прочностных характеристик (табл. 1) показали, что совместное использование минеральной и органической добавки в составе геополимерного вяжущего оказывает негативное влияние на формирование его компрессионной прочности. При этом следует отметить, что отдельное введение добавки МК способствует упрочнению контрольного состава вяжущего, а отдельное использование добавок ФГ и СП, наоборот, оказывает деградирующий эффект на предел прочности при сжатии на протяжении всего контролируемого периода твердения.

Использование в составе геополимерного вяжущего на основе перлита таких минеральных добавок как мраморная крошка и фосфогипс, а также органической добавки в виде суперпластификатора на поликарбоксилатной основе способствуют повышению общей щелочности системы.

Отдельное введение мраморной крошки способствует упрочнению контрольного состава вяжущего, а отдельное использование добавки фосфогипса и суперпластификатора на поликарбоксилатной основе, наоборот, оказывает деградирующий эффект прочность на протяжении всего контролируемого периода твердения.

Совместное использование рассматриваемых добавок минеральной и органической природы в перлитовой геополимерной системе способствует снижению его компрессионной прочности.

Статья подготовлена с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kozhukhova N., Zhernovskaya I., Kozhukhova M., Promakhov V. The correlation of temperature-mineral phase transformation as a controlling factor of thermal and mechanical performance of fly ash-based alkali-activated binders // Materials. – 2020. – Vol. 13, No. 22. – P. 1-12. – DOI 10.3390/ma13225181. – EDN AGUHUS.
2. Kozhukhova N. I., Zhernovski I. V., Osadchaya M. S., Strokova V.V., Chizhov R.V. On the Question of the Choice of Natural and Man-Made Materials for Geo-Polymer Binders // Research Journal of Applied Sciences. – 2014. – Vol. 9, No. 12. – P. 1034–1039. – DOI 10.3923/rjasci.2014.1034.1039. – EDN UAKTPF.
3. Фомина Е. В., Войтович Е. В., Фомин А. Е., Лебедев М.С., Кожухова Н.И. Оценка радиационного качества шлака ОЭМК для применения его в строительных композитах // Вестник Белгородского

государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 6. – С. 130-133. – EDN ULFTTF.

4. Chen X., Sutrisno A., Struble L.J. Effects of Calcium on Setting Mechanism of Metakaolin-based Geopolymer // Journal of the American Ceramic Society. 2018. doi:10.1111/jace.15249.

5. Alventosa K.M.L., Wild B., White C. The effects of calcium hydroxide and activator chemistry on alkali-activated metakaolin pastes // Cem. Concr. Rcem. 2021. 154(3). 106742. DOI: 10.1016/j.cemconres.2022.106742.

6. Palacios M., Puertas F. Effect of superplasticizer and shrinkage-reducing admixtures on alkali-activated slag pastes and mortars // Cement and Concrete Res. 2005. Vol. 35(7). P. 1358–1367. DOI: 10.1016/j.cemconres.2004.10.014

7. Ege S. Química orgánica // Estructura y reactividad, Barcelona: Reverte, 1997. 624 p.

8. Palacios M., Puertas F. Stability of superplasticizer and shrinkage-reducing admixtures in high basic media // Materiales de Construcción. 2004. Vol. 54 (276). № 10. P. 65–86.

9. Damtoft J.S., Herfort D., Yde E. Concrete binders, mineral additions and chemical admixtures: state of the art and challengers for the 21st century // Intern. Congr. «Creating with Concrete», Opening and Leader Pap. of the Proc. Scotland, UK, 1999. P. 153–168.

10. Jolicoeur C., Simard M.-A., Sharman J., Zamojska R. Chemical activation of blast-furnace slag: an overview and systematic experimental investigations // Energy, Mines and Resources. Ottawa, Canada, 1992. 32 p.

УДК 622.23.05

*Черкашин К.В., Фенина Д.О., Науменко В.В., Исса Ю.М.
Научный руководитель: Несмеянов Н.П., канд. тех. наук, доц.
Белгородский Государственный Технологический Университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗУБЬЕВ КОВША ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-5А ПУТЕМ КОНСТРУКТИВНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

Эксплуатация карьерных экскаваторов в условиях разработки скальных пород характеризуется комплексом деструктивных воздействий на рабочие органы, где доминирующим фактором является интенсивный абразивный износ. Анализ статистики отказов

горнотранспортного оборудования свидетельствует, что до 40% внеплановых простоев экскаваторов типа ЭКГ-5А связано с необходимостью замены изношенных зубьев ковша. Стандартные зубья, изготавливаемые из стали 110Г13Л, демонстрируют недостаточную долговечность в условиях разработки взорванных скальных пород, где твердость обломков достигает 15-18 ед. по шкале Протодьяконова [1].

Экономический ущерб от применения традиционных конструкций включает не только прямые затраты на приобретение запасных частей, но и значительные косвенные потери. При интенсивной работе экскаватора в трехсменном режиме замена зубьев требуется каждые 10-12 рабочих смен, что приводит к ежемесячным простоям продолжительностью 24-36 часов. Годовые эксплуатационные расходы на содержание одного экскаватора только по статье «замена зубьев» превышают 1,5 млн рублей [2, 3].

Согласно данным патентных исследований, большинство известных конструкций зубьев карьерных экскаваторов имеют принципиальные недостатки, ограничивающие их ресурс. Традиционные зубья с шириной рабочей части 240-280 мм при длине 600-700 мм (соотношение 2,5-3,5) подвергаются интенсивному износу не только по передней и задней граням, но и по боковым поверхностям. В процессе эксплуатации происходит быстрое закругление режущей кромки, что приводит к переходу от режима резания к режиму смятия породы с соответствующим увеличением усилий внедрения на 25-30%.

Особую проблему представляет недостаточная защита передней стенки ковша от абразивного износа. Существующие системы крепления не обеспечивают полноценного перекрытия зон интенсивного износа в краевых участках ковша, где наблюдается непосредственное взаимодействие с обломками породы при зачерпывании.

В основу модернизации положена конструкция зубьев, по патенту РФ №2679152 С1 «Зуб ковша карьерного экскаватора» [4] (фиг. 1, 2, 3), которая предусматривает комплексное решение проблем износостойкости и технологичности. Конструктивно зуб выполнен цельнолитым и включает три основных элемента: клинообразную рабочую часть, массивную переходную часть и хвостовую часть с гнездом для крепления.

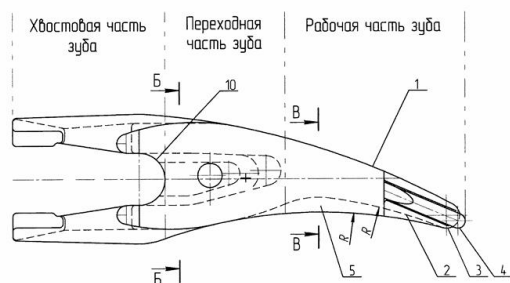


Рис. 1 Предлагаемый зуб ковша (вид сбоку)

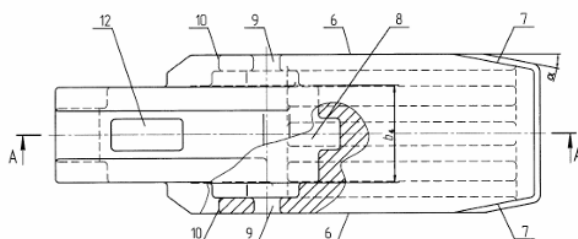


Рис. 2 Предлагаемый зуб ковша (вид сверху)

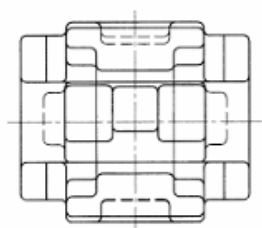


Рис. 3 Предлагаемый зуб ковша (вид сзади)

Конструктивно зуб выполнен цельнолитым и включает три основных элемента: клинообразную рабочую часть, массивную переходную часть и хвостовую часть с гнездом для крепления [5].

К ключевым особенностям конструкции относятся:

а) увеличенная на 80-160 мм ширина рабочей и переходной частей относительно хвостовой части;

б) система из 3-5 продольных ребер на задней грани с переменной шириной, уменьшающейся от центра к периферии на 10 мм для каждого последующего ребра;

в) заострение боковых граней на $2/5$ длины рабочей части под углом $\alpha=10-12^\circ$ с каплеобразными выступами;

г) рациональное профилирование криволинейных поверхностей с радиусами, равными длине зуба ($R \cong L$);

д) смещение режущей кромки относительно продольной оси зуба вниз на 100 мм.

Изготовление зубьев осуществляется методом литья из износостойкой стали 110Г13Л с последующей термической обработкой. Конструкция оптимизирована с учетом требований литейной технологии: в зонах максимальной толщины выполнены полости и выборки, сопряжения поверхностей имеют галтели, обеспечена равномерная прокаливаемость по всему сечению [6].

Применение модернизированных зубьев позволяет достичь следующих технико-экономических показателей:

а) увеличение срока службы в 1,6-2,0 раза;
б) снижение интенсивности износа на 38-42%;
в) увеличение ширины захвата при росте усилия внедрения всего на 10-12%;

г) сохранение клинообразной формы рабочей части в течение всего периода эксплуатации;

д) сокращение количества зубьев на ковше с 6 до 5 штук при сохранении общей ширины захвата.

Внедрение предложенного решения обеспечивает годовой экономический эффект в размере 800-900 тыс. рублей на один экскаватор ЭКГ-5А за счет:

а) снижения затрат на приобретение зубьев на 45-50%;
б) уменьшения продолжительности простоев на 60-70 часов в месяц;

в) повышения производительности экскаватора на 8-10% благодаря улучшению кинематики зачерпывания.

Предложенная конструкция зубьев ковша экскаватора ЭКГ-5А демонстрирует существенные преимущества перед традиционными аналогами за счет комплексного подхода к решению проблем износостойкости, технологичности и эксплуатационной надежности. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку адаптированных модификаций для различных горно-геологических

условий и оптимизацию режимов термической обработки для повышения ударной вязкости материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 21153.1-75 Породы горные. Метод определения коэффициента крепости по Протоdjяконову. – Введ. 1976–01–01. – М.: Издательство стандартов, 1975. – 12 с.

2. Дмитриенко В. Г., Прокопьев К. И. Модернизация экскаваторного парка карьеров ОАО «НОВОРОСЦЕМЕНТ»//Научный вестник МГГУ. -2011. -№ 2 (11). -С. 33-37.

3. Дмитриенко В. Г., Шеметов Е.Г., Андроник Н.Н., Ратушный Н.Г, Трегуб О.С. Разработка предложения для модернизации рабочего оборудования ЭКГ // Межвузовский сборник статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов». Белгород, Изд-во БГТУ, выпуск XX – 2021, - с. 53-60.

4. Пат. 2679152 С1 Российская Федерация, МПК E02F 9/28 (2006.01). Зуб ковша карьерного экскаватора / Соколов Г. А., Липатов А. А., Рубина О. Ф.; заявитель и патентообладатель ООО «Горно-Металлургический Комплекс». – № 2018103466; заявл. 30.01.2018; опубл. 06.02.2019, Бюл. № 4. – 8 с.

5. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий: учебное пособие / В. С. Богданов, Р. Р. Шарапов, Ю. М. Фадин, И. А. Семикопенко, Н. П. Несмеянов, В. Б. Герасименко. – М.: Стройиздат, 2021. – 312 с.

6. Конструирование горных машин и оборудования: учебное пособие / Н. П. Несмеянов. – Белгород: БГТУ, 2018. – 207 с.

*Черноволов М.Д., Скороходова М.Р.
Научный руководитель: Гаручава М.Ю., преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

БЕЗОПАСНОСТЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗАХ ПРИ УГРОЗЕ АТАК БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ

В условиях стремительного развития технологий особую актуальность приобретает обеспечение безопасности образовательной среды. Одной из новых, но уже достаточно реальных угроз выступает возможность использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА, или дронов) в деструктивных целях, включая разведку, дестабилизацию общественного порядка, нанесение ущерба объектам инфраструктуры и даже физическое воздействие на людей. Угроза атак становится актуальной не только в приграничных районах, но и на территории всей страны. Высшие учебные заведения, как объекты массового пребывания людей, становятся потенциально уязвимыми при реализации подобных сценариев. В этой связи проблема обеспечения безопасности образовательного процесса в вузах в условиях угрозы атак с использованием дронов требует системного анализа и разработки эффективных решений.

Современные вызовы и потенциальные угрозы, связанные с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), формируют новое измерение рисков для системы высшего образования. В условиях стремительного распространения и доступности дронов существенно возрастает вероятность их использования в противоправных или деструктивных целях, в том числе на территории высших учебных заведений[1]. Вузы, как объекты с высокой концентрацией людей и сложной инфраструктурой, становятся потенциальными мишенями для нарушителей, преследующих цели дестабилизации, саботажа, сбора информации или даже нанесения физического ущерба. Основные угрозы включают несанкционированные пролёты дронов на территорию кампусов, что может сопровождаться сбросом и дальнейшей детонацией взрывчатых веществ. Такие действия нарушают режим функционирования объекта, подвергают угрозу обеспечения безопасности и создают риски нарушения коммуникаций. Это особенно опасно в условиях проведения

массовых мероприятий, экзаменов, лекций в больших аудиториях или торжеств, когда реакция участников на потенциальную угрозу может привести к панике, давке и другим последствиям. Дополнительную угрозу представляет возможность применения БПЛА для радиоэлектронного воздействия на системы связи и управления вузом, что способно нарушить работу серверов, систем оповещения, видеонаблюдения и сетевой инфраструктуры[2].

Особую сложность представляет низкая визуальная и акустическая заметность большинства современных дронов, что значительно затрудняет их своевременное обнаружение системами противовоздушной обороны. Отсутствие подготовленного персонала и адекватных сценариев реагирования усугубляет ситуацию: действия охраны, преподавателей и студентов в момент потенциальной атаки часто носят импровизированный характер и не обеспечивают должной защиты[3]. Также необходимо учитывать, что нормативно-правовая база в части регулирования использования и противодействия дронам в гражданском секторе пока недостаточно развита и не всегда позволяет вузам оперативно и законно применять технические средства подавления или нейтрализации угроз.

Организационные и технические решения, направленные на обеспечение безопасности образовательного процесса в условиях угрозы применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), должны носить комплексный и превентивный характер. В условиях растущей технической доступности дронов и высокой вероятности их использования в противоправных целях необходима системная трансформация подходов к обеспечению безопасности высших учебных заведений, включающая как регламентацию деятельности, так и внедрение специализированных технических средств защиты.

К числу первоочередных организационных мер относится разработка локальных нормативных актов вуза, регламентирующих порядок действий при обнаружении БПЛА вблизи или на территории образовательного учреждения. Такие документы должны включать алгоритмы информирования ответственных лиц, порядок эвакуации или укрытия обучающихся и персонала, а также меры по взаимодействию с правоохранительными органами и аварийно-спасательными службами. Важной составляющей является проведение регулярных инструктажей, учебных тревог и тренировок с участием преподавателей, студентов и технического персонала, направленных на формирование устойчивых поведенческих моделей в условиях потенциальной угрозы[4].

Одновременно с этим необходимым условием повышения уровня защищённости вузов выступает внедрение технических средств мониторинга воздушного пространства и выявления малогабаритных летательных объектов. Современные системы детекции БПЛА включают в себя радиолокационные, акустические, инфракрасные и оптико-электронные средства, позволяющие обнаруживать беспилотники в радиусе до нескольких километров. Эффективность таких систем возрастает при их интеграции с существующими платформами видеонаблюдения и охранной сигнализации, что обеспечивает централизованное управление ситуацией и возможность оперативного реагирования.

Дополнительным техническим инструментом обеспечения безопасности является применение средств радиоэлектронного подавления управления БПЛА. Такие устройства, осуществляющие глушение сигналов GPS и каналов дистанционного управления, могут временно вывести дрон из строя или принудить его к посадке[5]. Однако использование подобных технологий требует соответствующих разрешений и должно осуществляться в рамках действующего законодательства с учётом требований к радиочастотной безопасности.

Наконец, устойчивость образовательного процесса при угрозах применения БПЛА требует активного взаимодействия с государственными структурами, органами гражданской обороны и специализированными подразделениями, обеспечивающими защиту критической инфраструктуры. Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий разработало памятку о поведении людей в учебных заведениях в условиях угрозы атаки БПЛА. При появлении признаков угрозы, таких как звук приближающегося дрона или взрыва, следует немедленно укрыться в безопасном месте — это может быть подвал, здание с прочными стенами или любое другое сооружение, способное защитить от ударной волны и осколков. Находясь на открытой местности рекомендуется перемещаться по защищённым маршрутам, используя элементы окружающей среды — здания, деревья, заборы — для прикрытия и маскировки. Необходимо сохранять бдительность: прислушиваться к характерным звукам, издаваемым дроном, и обращать внимание на визуальные сигналы, такие как вспышки или клубы дыма, чтобы своевременно оценить ситуацию и предпринять необходимые действия[6]. Также участие вузов в межведомственных учениях, обмен информацией о потенциальных угрозах и включение в региональные системы

реагирования позволяют создать единое защитное пространство и повысить уровень готовности к действиям в условиях нестандартных ситуаций.

Таким образом, угрозы, связанные с использованием беспилотных летательных аппаратов, требуют пересмотра традиционных подходов к обеспечению безопасности учебных заведений. Безопасность образовательного процесса в современных условиях невозможно гарантировать исключительно за счёт физических барьеров и штатной охраны. Необходима системная интеграция технических решений, правовых регламентов и подготовки персонала. Только комплексный подход, сочетающий превентивные меры, оперативное реагирование и межведомственное сотрудничество, может обеспечить защиту вузов в условиях новых вызовов и сохранить устойчивость образовательной среды даже при возникновении нестандартных ситуаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Володин, В. В. Автоматизация проектирования летательных аппаратов / В.В. Володин. - М.: Машиностроение, 1991. - 256 с.
2. Виктор Иванович Погорелов Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев 2-е изд., испр. и доп. Учебное пособие для вузов / Виктор Иванович Погорелов. - М.: Юрайт, 2017. - 498 с.
3. Гурина, Татьяна Алексеевна Качественные методы дифференциальных уравнений в теории управления летательными аппаратами / Гурина Татьяна Алексеевна. - М.: Московский авиационный институт (МАИ), 2014. - 675 с..
4. Зоншайн, С. И. Аэродинамика и конструкция летательных аппаратов / С.И. Зоншайн. - М.: Высшая школа, 2011. - 364 с.
5. Скорородова М.Р. Использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга опасных зон при чрезвычайных ситуациях / Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгород: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, 2025. – Ч. 10. – с.
6. Радоуцкий В.Ю., Полуянов В.П. Тактика сил РСЧС и ГО Белгород: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. 225 с.

*Чистяков А.В.**Научный руководитель: Прец М.А., ст. преп.**Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

ДВУХТОЧЕЧНАЯ КАЛИБРОВКА БЮДЖЕТНОГО ЦИФРОВОГО ТЕРМОДАТЧИКА DS18B20 В ДИАПАЗОНЕ 0- 100°C

Цифровой термодатчик DS18B20 широко применяется в учебных и любительских проектах благодаря интерфейсу 1-Wire, программируемому разрешению 9–12 бит (шаг квантования 0,0625 °C при 12 битах) и встроенному контролю целостности данных (CRC-8). Паспортная погрешность типично составляет $\pm 0,5$ °C в диапазоне $-10 \dots +85$ °C, а время одной конверсии достигает ~ 750 мс, что важно для выбора режимов опроса и усреднения [1]. На практике отдельные экземпляры демонстрируют систематическое смещение и слабый наклон характеристики; это снижает сопоставимость показаний между датчиками и ограничивает точность в лабораторных задачах. Настоящая работа показывает, что калибровка по двум реперным температурам — точке плавления льда и кипения воды — позволяет существенно уменьшить систематическую погрешность без сложного оборудования и при минимальных трудозатратах.

Эксперимент выполнялся с герметичным зондом DS18B20, подключенным к микроконтроллеру уровня Arduino; показания считывались с максимальным разрешением, усреднялись и логировались на ПК. Такой стенд легко воспроизвести в учебной аудитории и использовать на лабораторных работах. В качестве реперов использовались смесь лёд–вода при интенсивном перемешивании (температура близка к 0 °C) и кипящая вода при атмосферном давлении (температура порядка 100 °C). Перед фиксацией значений выдерживали 90–120 с для теплового равновесия и записывали серию из 20 отсчётов с шагом 1 с, что позволяло оценивать случайную составляющую и стабильность показаний по статистике серии в духе рекомендаций GUM [2].

Для коррекции использовалась линейная модель $y = ax + b$, где x — сырое показание датчика, y — откорректированное значение. Коэффициенты определялись из двух опорных пар (x_1, T_1) и (x_2, T_2) :

$$a = \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1}, \quad b = T_1 - ax_1, \quad (1)$$

В полученной серии средние показания в реперных точках составили $x_0=0,803^{\circ}\text{C}$ для смеси лёд–вода и $x_{100}=98,772^{\circ}\text{C}$ для кипящей воды. Подстановка $T_1=0^{\circ}\text{C}$, $T_2=100^{\circ}\text{C}$ даёт $a=1,0207$ и $b=-0,8197$. Эти коэффициенты применялись «на лету» при каждом чтении датчика; тем самым устранялись индивидуальные смещение и наклон характеристики конкретного экземпляра.

По данным серии измерений получены средние $x_0=0,803^{\circ}\text{C}$ (в Корректность калибровки проверялась на промежуточных температурах, полученных смещением горячей и холодной воды (ориентиры ~ 25 , ~ 50 и $\sim 75^{\circ}\text{C}$). До калибровки фиксировались погрешности порядка $+0,32^{\circ}\text{C}$, $-0,16^{\circ}\text{C}$ и $-0,71^{\circ}\text{C}$ соответственно; после калибровки — в пределах $+0,02\dots+0,06^{\circ}\text{C}$. Для интегральной оценки использовали среднюю абсолютную погрешность:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N |y_i - T_i|, \quad (2)$$

которая уменьшилась ориентировочно с $0,39^{\circ}\text{C}$ до $0,03^{\circ}\text{C}$, то есть примерно на порядок. Следует подчеркнуть, что эта оценка относится к данному экземпляру датчика и к узкому температурному диапазону; перенос результатов на другие экземпляры и условия требует повторения процедуры.

К источникам погрешностей, помимо собственно некалиброванного смещения, относятся тепловые градиенты и плохой контакт (особенно при касании стенок и дна), а также зависимость температуры кипения воды от барометрического давления. В учебной аудитории обычно принимают $T_{\text{кип}}=100^{\circ}\text{C}$, но отклонение давления на несколько килопаскалей даёт вклад в десятые доли градуса; при наличии барометра его удобно учесть по таблицам или через уравнение Антуана [3]. На режимной стороне важны разрешение и время конверсии, самонагрев при частом опросе, а также возможное паразитное питание шины 1-Wire, влияющее на стабильность работы [1]. С точки зрения метрологии двухопорная линейная калибровка в диапазоне $0\text{--}100^{\circ}\text{C}$ допустима и методически оправдана для приборов такого класса; для расширенных диапазонов и более жёстких требований применяют многоопорные или МНК-аппроксимации, а

также периодическую поверку/калибровку по действующим положениям [4]. Аппаратная и программная часть стенда реализуются минимальными средствами; коэффициенты a и b сохраняются во Flash-памяти микроконтроллера и автоматически учитываются при последующих измерениях, что делает методику технологичной для учебных практикумов и проектных работ [5].

В результате показано, что простая двухточечная калибровка DS18B20 по реперам 0 и ~ 100 °C обеспечивает существенное снижение систематической погрешности без привлечения специализированного оборудования. Соблюдение базовой дисциплины эксперимента — выдержка до теплового равновесия, перемешивание, исключение контакта зонда со стенками, корректный выбор разрешения и интервала опроса — повышает воспроизводимость, а документирование условий (дата, давление, режимы измерений) облегчает аудит неопределённости по GUM [2]. Такая процедура органично вписывается в учебные курсы по измерениям и автоматизации и может служить отправной точкой для дальнейших занятий по метрологии датчиков температуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer: Datasheet. — Сан-Хосе: Maxim Integrated, 2015. — 20 p.
2. РМГ 29-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Руководство по выражению неопределённости измерений. — М.: Стандартинформ, 2013. — 120 с.
3. Сивухин Д. В. Общий курс физики: Термодинамика и молекулярная физика. — М.: Физматлит, 2005. — 544 с.
4. Р 50.2.046-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Калибровка средств измерений. Основные положения. — М.: Стандартинформ, 2016. — 16 с.
5. Дьяконов В. П. Arduino: микроконтроллеры для начинающих. — М.: ДМК Пресс, 2013. — 384 с.

Чубук А.А., Козлов А.А.

Научный руководитель: Бондаренко М.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ О ЧС

В условиях нарастающей угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного, техногенного и биолого-социального характера особую значимость приобретает своевременное информирование населения о возможных рисках, угрозах и необходимых действиях в условиях опасности. Современные цифровые технологии предоставляют широкие возможности для решения данной задачи, в том числе за счёт использования мобильных приложений. Разработка и внедрение таких приложений представляет собой важнейшее направление в системе обеспечения безопасности населения.

Согласно статистике, более 70% населения в большинстве стран мира используют мобильные устройства, что делает мобильные приложения наиболее оперативным и доступным каналом коммуникации с гражданами[1]. Своевременное получение информации о ЧС способствует снижению уровня паники, повышает готовность населения к действию, а также позволяет оперативно организовать эвакуационные мероприятия, снизить число пострадавших и минимизировать ущерб.

Целями разработки и внедрения мобильных приложений, предназначенных для информирования населения о чрезвычайных ситуациях, является обеспечение оперативной, достоверной и доступной передачи информации, способствующей своевременному реагированию граждан на возникающие угрозы природного, техногенного, биолого-социального и иного характера. В условиях стремительного развития цифровых технологий и повсеместного распространения мобильных устройств, использование специализированных программных решений позволяет повысить эффективность функционирования систем оповещения и гражданской обороны, минимизировать риски для жизни и здоровья населения, а также сократить социально-экономические потери в результате ЧС. К числу приоритетных целей также относится формирование устойчивой

информационной среды, направленной на повышение осведомлённости граждан о возможных опасностях и обучение населения правильным действиям в условиях угрозы[2].

Задачи, решаемые с помощью таких мобильных приложений, включают в себя автоматизированное оповещение пользователей о наступлении или вероятности возникновения чрезвычайной ситуации в зависимости от их текущего местоположения, предоставление пошаговых инструкций по безопасному поведению и алгоритмов эвакуации, визуализацию зон угроз и инфраструктурных объектов (убежищ, медицинских пунктов, пунктов сбора), обеспечение обратной связи с органами управления и экстренными службами, а также оперативный сбор и обработку пользовательских данных, способствующих уточнению обстановки и повышению эффективности реагирования. Кроме того, приложения должны обеспечивать доступ к нормативной и справочной информации, включать функционал для передачи экстренных сигналов (например, с помощью кнопки SOS), и быть устойчивыми к отказам в условиях сбоев связи и энергоснабжения[3]. Выполнение указанных задач требует комплексного подхода к проектированию и сопровождению программного продукта, а также межведомственного взаимодействия и соответствующего нормативно-правового регулирования.

Разработка мобильных приложений для информирования населения о чрезвычайных ситуациях представляет собой многоэтапный и комплексный процесс, направленный на создание функционально надёжного, технологически устойчивого и пользовательски ориентированного программного продукта. На первом этапе осуществляется анализ потребностей целевой аудитории и оценка актуальных рисков, характерных для конкретного региона или группы населения[4]. На основе полученных данных разрабатываются концептуальные основы приложения, определяются приоритетные виды угроз (природные, техногенные, биолого-социальные и др.), формируется перечень необходимых функций и информационных компонентов. Следующим этапом является формализация технического задания, в котором фиксируются функциональные, программно-аппаратные и эксплуатационные требования. Прорабатываются сценарии пользовательского поведения, моделируются интерфейсы, закладываются механизмы интеграции с внешними источниками данных, такими как государственные и ведомственные системы мониторинга, автоматизированные центры обработки информации, геoinформационные сервисы и др. Третий этап включает

непосредственно разработку программного обеспечения, создание пользовательского интерфейса, программирование логики приложения, реализацию функций оповещения, геолокации, поиска ближайших объектов инфраструктуры, интерактивных карт, а также механизмов обратной связи. Заключительный этап предполагает внедрение приложения в широкую эксплуатацию, сопровождение, техническую поддержку и регулярное обновление программного продукта. Обязательным элементом является проведение информационно-разъяснительной работы среди населения с целью повышения уровня осведомлённости о существовании и возможностях приложения.

Среди успешных примеров можно отметить приложения «МЧС России», интеллектуальная система MAZU-Urban (Китай), «МЧС Беларуси: Помощь рядом» (Республика Беларусь). Они предоставляют уведомления в режиме реального времени, инструкции по действиям в ЧС и позволяют отправлять экстренные сигналы в службу спасения. Использование push-уведомлений, голосовых сообщений и офлайн-доступа к информации значительно расширяет возможности помощи населению[5].

Несмотря на очевидные преимущества, существует ряд проблем, ограничивающих эффективность таких приложений:

1. низкий уровень цифровой грамотности у отдельных категорий граждан;
2. технические ограничения мобильных устройств (слабый сигнал, отсутствие интернета);
3. необходимость постоянного обновления информации и синхронизации с базами данных служб;
4. вопросы кибербезопасности и защиты персональных данных пользователей.

В перспективе предполагается расширение функциональности мобильных приложений за счёт внедрения искусственного интеллекта, интеграции с системами видеонаблюдения, анализа данных из социальных сетей, использования беспилотных средств мониторинга, а также международной стандартизации форматов оповещения.

Мобильные приложения для информирования населения о ЧС являются важным компонентом современной системы гражданской защиты. Их разработка и внедрение повышают эффективность предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, способствуют формированию культуры безопасности и обеспечивают активное вовлечение граждан в процессы самоорганизации и взаимопомощи. При условии комплексного подхода,

межведомственного взаимодействия и постоянной модернизации такие цифровые инструменты могут стать надежной опорой в обеспечении устойчивости общества к угрозам различного характера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безопасность России. Анализ риска и проблем безопасности. В 4 частях. Часть 2. Безопасность гражданского и оборонного комплексов и управление рисками. - М.: Международный гуманитарный фонд "Знание", 2021. - 136 с.

2. Вероника, Валерьевна Соколова Вычислительная техника и информационные технологии. Разработка мобильных приложений. Учебное пособие для прикладного бакалавриата / Вероника Валерьевна Соколова. - М.: Юрайт, 2023. - 184 с.

3. Соколова, В. В. Вычислительная техника и информационные технологии. Разработка мобильных приложений. Учебное пособие / В.В. Соколова. - М.: Юрайт, 2024. - 176 с.

4. Моделирование и прогнозирование чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие для вузов / В.Ю. Радоуцкий, М.В. Литвин, М.А. Латкин, С.А. Кеменов, М.Н. Степанова, В.Н. Шульженко; под общ. ред. В.Ю. Радоуцкого. - Белгород: БГТУ им. Шухова, 2019. - 198 с.

5. Радоуцкий В.Ю., Полуянов В.П. Тактика сил РСЧС и ГО Белгород: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. 225 с

УДК 51-74

Чухлеб Р.Е.

Научный руководитель: Рябцева С.И., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

РЯДЫ ТЕЙЛОРА И МАКЛОРЕНА В РАЗРАБОТКЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР

Играя в компьютерные игры, люди не задумываются о том, что за «фанерой» виртуальной реальности используются математические формулы. В свою очередь в структуре ярких спецэффектов и динамичности персонажей лежат математические расчеты, обрамлённые в системные коды. Одним из ярких примеров использования математики в создании виртуальной игровой реальности являются функциональные ряды Тейлора и К. Маклорена.

Определение понятий рядов Тейлора, Маклорена

Представьте, что вам нужно описать сложную кривую, например, траекторию полета снаряда с помощью простых строительных блоков. Этими «блоками» являются многочлены [3] — самые простые функции, которые компьютер умеет вычислять очень быстро.

В учебнике А. В. Ильина «Основы математического анализа»[2] приводится доказательство того что формула Тейлора позволяет представить многочлен функции $f(x)$ в виде многочлена по степеням $(x - a)$, где a - любое вещественное число. Там же приводится формула для ряда Тейлора (1):

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(a)}{n!} (x - a)^n = f(a) + \frac{f'(a)}{1!} (x - a) + \frac{f''(a)}{2!} (x - a)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(a)}{n!} (x - a)^n + \dots \quad (1)$$

В частном случае, когда $a = 0$, ряд называется рядом Маклорена, А. В. Пантелеев[2] приводит формулу (2):

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!} x^n = f(0) + \frac{f'(0)}{1!} x + \frac{f''(0)}{2!} x^2 + \dots \quad (2)$$

Данные формулы (1), (2) позволяют выполнять приближенные вычисление сложных функций с необходимой степенью точности. Замена сложной функции на более простую, близко соответствующей ей на заданном диапазоне называется аппроксимацией[1].

Мы предлагаем проанализировать механизм аппроксимации, в котором описывается приближение функции с помощью рядов Тейлора и Маклорена. Весь процесс можно разбить на несколько логических шагов:

Выбор точки разложения

Сначала мы выбираем точку a , вокруг которой будем строить приближение. Если нас интересует поведение функции около нуля, выбираем $a = 0$ (ряд Маклорена(2)). Если нам важно описать функцию около какой-то другой точки (например, около $x = 1$), используем общий ряд Тейлора(1), (3).

Вычисление производных

Находим производные функции в выбранной точке:

Нулевая производная: сама функция $f(a)$;

Первая производная: $f'(a)$;

Вторая производная: $f''(a)$;

И так далее...

Построение многочлена

Составляем многочлен, используя вычисленные значения:

$$P(x) = f(a) + f'(a)(x-a) + \frac{f''(a)}{2!} * (x-a)^2 + \frac{f'''(a)}{3!} * (x-a)^3 + \dots \quad (3)$$

Определение точности аппроксимации

Хотя современные компьютеры обладают большой мощностью вычислительного аппарата, они все же имеют ограничения ввиду физических ограничений. Таким образом аппроксимируя функцию с заданной точностью, можно добиться большей скорости, пожертвовав ненужной точностью вычислений. Отметим, что аппроксимация n-го порядка использует первые n+1 членов ряда.

Рассмотри в качестве примера аппроксимацию функции SmoothABS(рациональный сглаженный модуль).

Исходная функция $f(x) = \sqrt{x^2 + \varepsilon^2}$ (4)– гладкая аппроксимация модуля

Где $\varepsilon > 0$ – малый параметр гладкости.

Отметим, что оригинальная функция $f(x) = |x| = \sqrt{x^2}$ (5) - не дифференцируема при $x=0$, в связи с чем возникают проблемы при вычислении физических симуляций и шейдеров.

Рассмотрим функцию в точке $x = 0$: $f(0) = \varepsilon$;

(6) Введем нормированную функцию: $g(x) = \frac{f(x)}{\varepsilon} = \sqrt{\frac{x^2}{\varepsilon^2} + 1}$;

Введем замену: $t = \frac{x}{\varepsilon}$; (7)

Тогда: $g(t) = \sqrt{t^2 + 1}$ (8)

Найдем производные:
 $g'(t) = \frac{1}{(1+t^2)^{1/2}}$; (9)

$g''(t) = \frac{1}{(1+t^2)^{3/2}}$; (10)

$g'''(t) = -\frac{3t}{(1+t^2)^{5/2}}$; (11)

$g^{(4)}(t) = \frac{12t^2-3}{(1+t^2)^{7/2}}$; (12)

Вычислим значение производных в точке 0:

$g'(0) = 0$;

$$g''(0) = 1; \quad (13)$$

$$g'''(0) = 0; \quad (14)$$

$$g^{(4)}(0) = -3; \quad (15)$$

$$\quad (16)$$

Подставим найденные значения в ряд Маклорена:

$$g(t) = 1 + 0 \cdot t + \frac{1}{2}t^2 + 0 \cdot t^3 - \frac{3}{24}t^4 + \dots; \quad (17)$$

$$g(t) = 1 + \frac{1}{2}t^2 - \frac{1}{8}t^4 + \dots; \quad (18)$$

Выполним обратную замену:

$$f(x) = \varepsilon \cdot g(t) = \varepsilon \left(1 + \frac{1}{2} \left(\frac{x}{\varepsilon} \right)^2 - \frac{1}{8} \left(\frac{x}{\varepsilon} \right)^4 + \dots \right); \quad (19)$$

$$f(x) = \varepsilon + \frac{x^2}{2\varepsilon} - \frac{x^4}{8\varepsilon^3} + \dots; \quad (20)$$

Таким образом, используя формулы (3-20), была достигнута возможность не вычислять напрямую квадратный корень, что значительно экономит вычислительные мощности компьютера.

2. Реалистичная физика и расчет траекторий

Движение объекта с учетом трения, сопротивления воздуха или силы ветра описывается дифференциальными уравнениями, расчет которых, нуждается в выделении больших объемов вычислительных возможностей. Здесь на помощь приходит численное интегрирование, основанное на ряде Тейлора.

Допустим, мы знаем текущее положение объекта (s), его скорость (v), (21) и ускорение (a), (22). Как узнать, где он окажется через очень маленький промежуток времени Δt ? Разложим функцию положения s(t) в ряд Тейлора:

$$f'(x) = v(t); \quad (21)$$

$$f''(x) = a(t); \quad (22)$$

$$s(t + \Delta t) \approx s(t) + v(t) * \Delta t + \frac{(a(t) * \Delta t^2)}{2}; \quad (23)$$

Это упрощенная формула (23) - аппроксимация 2-го порядка, но она отлично работает во многих игровых движках.

Таким образом можно сделать вывод о том, что применение аппроксимации функций основанной на использовании рядов Тейлора и Маклорена обладает следующими качествами:

Быстродействие - вычисление полинома требует только операций сложения и умножения

Контроль точности – в зависимости от целей и возможностей можно изменять точность вычислений.

Локальность – в окрестностях разложения приближение позволяет получить практически любую необходимую точность вычислений.

Универсальность – возможность использования метода для разложения самых разных функций.

Ряды Тейлора и Маклорена — это не просто абстрактная тема из учебника по матанализу. Это реальный рабочий инструмент, который позволяет рационально использовать вычислительные возможности компьютера. При разработке и оптимизации компьютерных игр стоит учитывать данную возможность. Использование данных методов аппроксимации функций позволяют освобождать значительное количество аппаратных мощностей, при вычислении функций, не требующих большой точности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дюкарева, В. И. Теория вероятностей в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Дюкарева, С. В. Рябцева, А. В. Субботин ; БГТУ им. В. Г. Шухова. — Электрон. текстовые дан. — Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2023.— Режим доступа: <http://ntb.bstu.ru>

2. Ильин, А. В. Курс высшей математики и математической физики / А. В. Ильин [и др.] ; под редакцией А. В. Ильина. — Москва : Физматлит, 2021. — С. 275-299.

3. Пантелеев, А. В. Математический анализ в примерах и задачах : учебное пособие / А. В. Пантелеев, А. С. Якимова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — С. 189-195.

Шамраев А. А.

*Научный руководитель: Шамраева Е. О., канд. техн. наук
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОКСЕЛЬНОГО И ПОЛИГОНАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Воксельное представление деформируемых объектов применяется в трехмерном моделировании и компьютерной графике для создания точных и реалистичных анимаций. Воксели, являясь трехмерными аналогами пикселей, обеспечивают высокую детализацию структуры объекта на микроуровне. Это позволяет моделировать сложные физические свойства материалов, такие как пластичность, эластичность и разрушение. Однако, несмотря на высокую детализацию, воксельное представление требует значительных вычислительных ресурсов и может стать причиной замедления в расчетах и визуализации, особенно при работе с большими объемами данных. Для уменьшения нагрузки на вычислительные ресурсы при работе с воксельным представлением, могут использоваться различные методы оптимизации, такие как сжатие данных, уменьшение разрешения модели, параллельные вычисления и другие техники. Также существуют специализированные алгоритмы для эффективной обработки воксельных данных [1], что позволяет улучшить производительность и снизить нагрузку на систему. Важную роль играют разреженные структуры хранения. Разреженное октодерево сворачивает пустые области и сохраняет детали только там, где они действительно нужны, что уменьшает объем памяти и ускоряет локальные обновления. Такая организация поддерживает неравномерную детализацию и хорошо работает в сценах с большими пустотами, хотя добавляет накладные расходы на указатели и усложняет исполнение на графическом процессоре. Разреженная сетка с кодированием серий RLE компактно описывает длинные последовательности одинаковых значений и упрощает линейные проходы, что особенно полезно для протяженных пустых участков. Эффект снижается при частых мелких правках, поскольку серии дробятся и возрастает стоимость обновлений. В совокупности описанные методы позволяют выполнять масштабные деформации объектов в воксельном представлении и удерживать приемлемую

производительность. При простой визуализации возникает заметная кубическая сетка, что снижает качество изображения. Применение метода двойных контуров [2] смягчает артефакты, однако добавляет ощутимые накладные расходы на реконструкцию поверхности и последующую обработку, а также несовместимо с актуальными анимационными системами. В таблице 1 приведена сравнительная характеристика усредненных затрат временных ресурсов классического полигонального представления, воксельного представления и воксельного представления с применением метода двойных контуров на примере пластической деформации трехмерной модели.

Таблица 1 – Зависимость временных затрат на деформацию модели от доли изменяемого объекта

Доля изменяемого объема	Полигональное представление	Воксельное представление	Воксельное представление с методом двойных контуров
1%	5.2мс	9.2мс	11.2мс
5%	6.5мс	10.8мс	12.9мс
10%	9.0мс	11.9мс	14.2мс
20%	14.7мс	15.2мс	16.5мс
50%	36.2мс	23.5мс	21.8мс

Сравнение проводилось для полигональной модели, содержащей 2.4 миллиона треугольников и воксельной модели, содержащей 134.2 миллиона ячеек, что примерно соответствует одному и тому же уровню детализации. Деформация проводилась при помощи сферической маски, движущейся вдоль произвольной траектории вдоль произвольной траектории и вдавливающей вершины модели [3]. При превышении определённого порога деформации сфера вместо вдавливания разрушает вершину, создавая отверстие в модели. На основании полученных в ходе эксперимента данных, можно сделать вывод, что воксельное представление уступает полигональному при незначительной деформации до 5% практически вдвое. Это обусловлено эффективностью полигонального представления для задач деформации на основе сдвига. При 10–20% деформации оба представления показывают сопоставимый результат, хотя у воксельного представления ниже качество визуализации и видна кубическая сетка, а использование методов двойных контуров проигрывает по временным затратам на 20%. При этом при увеличении

степени деформации вплоть до 50% и выше, когда деформация переходит из деформации сдвига в топологическую деформацию, воксельное представление становится намного эффективнее по сравнению в полигональным. Это обуславливается одинаковой эффективностью воксельного представления как для деформации сдвига, так и для топологической деформации, в отличие от полигонального представления, использующего ложные математические расчеты при топологической деформации модели. При этом с увеличением числа активных вокселей, задействованных в процессе деформации использование метода двойных контуров, дает преимущество по сравнению с обычным представлением воксельной модели на основе кубов не только по визуальному качеству модели, но еще и по времени рендера самой модели, поскольку данный метод снижает заполняемость экрана и число активных визуализируемых элементов.

В таблице 2 приведены значения объемов памяти, затрачиваемые на хранение сопоставимой трёхмерной модели каждым из представлений.

Таблица 1 – Затраты памяти на хранение модели

	Полигональное представление	Воксельное представление	Воксельное представление с методом двойных контуров
Объем геометрии	89Мб	65Мб	169Мб
Объем служебных структур	114Мб	176Мб	128Мб
Общий объем	203Мб	241Мб	297Мб

Из таблицы видно, что воксельное представление сильно уступает полигональному по затратам памяти на хранение модели, что делает как загрузку модели более медленной, так и уменьшает потенциальное число объектов, которое может быть одновременно отображено на экране. В таблице 3 приведены усредненные сравнительные характеристики затрат дополнительной памяти при деформации модели

Несмотря на меньшую эффективность при слабых деформациях и больший объем памяти, затрачиваемый на хранение модели, воксельное представление имеет неоспоримое преимущество перед полигональным в классе задач, связанных с массовой деформацией,

таких как симуляция поведения жидкостей, газов или взрывов, деформаций от столкновения [4]. Поскольку в таких задачах доля деформации часто достигает 80%, а объемы памяти, затрачиваемые на промежуточные вычисления деформации полигональной модели многократно превосходит объем для ее хранения.

Таблица 3 – Зависимость дополнительных затрат памяти на деформацию модели от доли изменяемого объекта

Доля изменяемого объема	Полигональное представление	Воксельное представление	Воксельное представление с методом двойных контуров
1%	48Мб	12Мб	23Мб
5%	92Мб	37Мб	51Мб
10%	134Мб	62Мб	92Мб
20%	189Мб	74Мб	113Мб
50%	301Мб	108Мб	136Мб

На практике это означает, что полигональное представление уместно там, где правки редки и локальны, где важна устойчивость качества поверхности и совместимость с существующими анимационными конвейерами. Воксельное представление показывает себя эффективнее в задачах с массовыми изменениями формы, с разрушениями и любыми топологическими перестройками, а также в объёмной физике и взаимодействии с полями [5]. Простая кубическая визуализация подходит для прототипов и интерактивных инструментов, где важна скорость реакции в ущерб фотореализму. Метод двойных контуров эффективен, когда требуется лучшее качество кромок и сохранение острых деталей при заметной доле активных вокселей и когда объем памяти и вычислительных мощностей это позволяет. В смешанных сценах имеет смысл гибрид, где моделирование выполняется в объёме, а способ визуализации выбирается по ограничениям памяти, целевому качеству и доступному времени кадра, чтобы удерживать предсказуемую производительность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lorensen, W. E. Marching Cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm / W. E. Lorensen, H. E. Cline. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org> (дата обращения: 27.10.2025).

2. Ju, T. Dual Contouring of Hermite Data / T. Ju, F. Losasso, S. Schaefer, J. Warren. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cs.rice.edu> (дата обращения: 22.10.2025).

3. Laine, S. Efficient sparse voxel octrees – analysis, extensions and implementation [Электронный ресурс] // Laine S., Karras T. Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games (I3D '10). – Washington (DC, USA): ACM, 2010. – p. 55 - 63. – Режим доступа: <https://research.nvidia.com> (дата обращения: 27.10.2025).

4. Hoetzlein, R. C. GVDB: Raytracing Sparse Voxel Database Structures on the GPU. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.nvidia.com> (дата обращения: 27.10.2025).

5. Ceng, S. Sparse Voxels Rasterization: Real time High Fidelity Radiance Field Rendering [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org> (дата обращения: 27.10.2025).

УДК 66.046

Шаталова Д.С., Шаталов В.А.

Научный руководитель: Шаталов А.В., канд. техн. наук, доц.

***Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ПОЛУЧЕНИЕ ДИСПЕРСНОГО СЫРЬЯ В РОТОРНО – ЦЕНТРОБЕЖНОМ ДИСПЕРГАТОРЕ С ЦЕЛЬЮ УТИЛИЗАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

В настоящее время возрос спрос на рециркуляционные технологии по переработке различных техногенных материалов с целью получения возобновляемых ресурсов. Такой спрос обусловлен стремлением современной науки к применению ресурсосберегающих производств и снижению пагубного влияния на экологию окружающей среды.

С высоким ростом развития инновационных технологий появляется необходимость в получении новых материалов с широким спектром физико-механических характеристик [1].

К таким материалам относятся различное переработанное сырье: древесина, полимерные материалы различного назначения и т.д. Переработанные ресурсы пригодны для вторичного применения в производстве конечного продукта, к примеру, из переработанных древесных отходов можно изготовить твердотопливные брикеты, из переработанного полимера можно изготовить ПНД трубы для газового

и водяного снабжения, а также для изготовления пешеходного покрытия.

Наиболее перспективным методом утилизации древесных отходов заключается в переработке вторичной древесины с получением вторичного измельченного сырья. Учитывая, что применение вторичной древесины экономит первичное древесное сырье, что в свою очередь благоприятно сказывается на сохранении природного ресурса лесов Российской Федерации. Технологическое производство измельченного древесного сырья включает в себя мелкий помол и смешение полученного сырья с сыпучими или вязущими компонентами с целью получения готовой древесной смеси для производства конечного продукта (брикетов). При этом требуется постоянный контроль за качеством получаемого древесного сырья, так как в общем случае конечные изделия теряют первоначальные свойства [2].

Помимо топливной промышленности широкий спектр по утилизации древесных отходов открывается при разработке ресурсосберегающих технологий в области строительства. Строительный сектор обладает значительным потенциалом для массового потребления, что способствует решению вопроса со сбытом готовой продукции. Это обусловлено крупными объемами производства, разнообразием выпускаемой продукции и возможностью комплексной переработки различных типов отходов при создании деревосодержащей продукции.

Стремительно развивающийся рынок сбыта древесной продукции с применением вторичного сырья имеет особое значение на современном этапе развития промышленного производства России. Перспективное развитие новых технологий, а также расширение уже существующих производств существенно зависит от поддержки государства своих отечественных ученых и производств. Высокий спрос на подготовленное измельченное древесное сырье подталкивает к развитию измельчающих агрегатов с целью получения энергоэффективных производств [3].

Одним из перспективных видов измельчителей являются роторные агрегаты. Подобные агрегаты способны в своем техническом виде заключать несколько аппаратов воздействия на измельчаемое сырье, к примеру, возможно, совместить измельчающее воздействие и смешивающее для обеспечения снижения энергозатрат на несколько агрегатов или производственных линий. Такие агрегаты были описаны несколькими учеными и аспирантами в своих научных трудах [4,5].

**Работа выполнена в рамках выполняемого проекта по теме «Разработка, исследование и опытно-промышленное освоение ресурсоэнергосберегающих инновационных технологий для производства товарной продукции и снижением экологической нагрузки на окружающую среду» (FZWN – 2021- 0014 в рамках Государственного задания Минобрнауки России)*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проценко А. М., Нагаев Б. Ю., Бабуков В. А., Горягин П. Ю. Машины и агрегаты для переработки техногенных волокнистых материалов // XII Международный молодежный форум "Образование. Наука. Производство" : Материалы форума, Белгород, 01–20 октября 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. С. 1113-1118.
2. Графова, Е. О. Снижение влияния технологических процессов переработки древесины на лесные экосистемы / Е. О. Графова, В. С. Сюнев // Современные вызовы и их влияние на развитие науки и образования: анализ и практические решения. – Уфа : Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2025. – С. 38-50.
3. Королева, Е. Л. К вопросу об использовании техногенных отходов в промышленности строительных материалов / Е. Л. Королева, Н. П. Лукутцова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Прикладные науки. – 2006. – № 9. – С. 76-79.
4. Михайличенко С.А. Роторно-центробежный агрегат комплексного динамического воздействия на материал: Автореф. дис. канд. техн. наук. Белгород: изд-во БелГТАСМ, 2002. 24 с.
5. Патент № 2786113 С1 Российская Федерация, МПК В02С 18/00. Роторно-центробежный диспергатор : № 2022126667 : заявл. 13.10.2022 : опубл. 19.12.2022 / В. А. Шаталов, С. А. Михайличенко, А. В. Шаталов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова".

Шатохина М.А., Козлов А.А.

Научный руководитель: Шульженко В.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ: ОЦЕНКА РИСКОВ И ВНЕДРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ

Обеспечение пожарной безопасности в сельской местности представляет собой многогранную задачу, обусловленную как природно-климатическими, так и социально-экономическими факторами. Пространственная разобщённость населённых пунктов, ограниченные ресурсы местных пожарных подразделений, слабое развитие инфраструктуры и низкий уровень информированности населения создают предпосылки для возникновения и быстрого распространения пожаров. В этих условиях необходим комплексный подход, основанный на системной оценке рисков и внедрении эффективных организационно-технических и профилактических мероприятий.

Пожары в сельской местности встречаются каждый год из-за человеческого фактора (палы сухой растительности), засушливой осени и ранней весны. Так например, весной и ранним летом 2025 года площадь природных пожаров на землях России превысила 629 000 га (из которых по официальным источникам — около 1,9 млн га в сельской местности). Прогноз по пожароопасности был особенно критичен для регионов с сельхозугодьями и торфяниками — Владимирской, Калужской, Ивановской, Смоленской, Московской и др. областей. В некоторых областях европейской России (особенно Брянская, Костромская, Рязанская, Тверская и другие) леса на заброшенных сельхозземлях стали зонами возгорания, часто близкими к деревням и дачным посёлкам[1-2].

Для того чтобы вовремя прототвратить возможность возникновения пожара необходимо оценивать риски. Стоит учитывать не только образование очагов пожара, но и его последствия ущерб и уязвимость элементов территории, ведь села, деревни и хутора характеризуются как высокой степенью пространственной разобщённости, так и преобладанием индивидуальной жилой застройки с низкой огнестойкостью, значительной долей заброшенных или

неиспользуемых земель, а также близостью к природным территориям — лесам, лугам и торфяникам. Кроме того, в большинстве сельских районов наблюдается дефицит водоемных ресурсов, ограниченность сил и средств местных подразделений пожарной охраны. Все эти обстоятельства формируют совокупность факторов, способствующих как высокой вероятности возникновения пожаров, так и значительному масштабу их распространения. Необходимо идентифицировать источники опасности, анализировать вероятность возникновения пожара, определять возможные последствия[3]. К основным источникам опасности относятся природные (высокая температура воздуха, засуха, сухие грозы), техногенные (неисправность электропроводки, сельскохозяйственная техника, хранение ГСМ), а также антропогенные факторы (сжигание мусора и сухой травы, неосторожное обращение с огнём, нарушения при использовании печного отопления). Одним из наиболее действенных методов оценки рисков является картографирование территорий с использованием геоинформационных систем (ГИС), что позволяет интегрировать пространственные данные о пожароопасности, плотности населения, состоянии инфраструктуры, типе земельного покрова и других параметрах. Особое внимание уделяется выявлению уязвимости объектов и населения[4]. Уязвимость в сельской местности обусловлена рядом факторов: недостаточной обеспеченностью средствами оповещения и эвакуации, труднодоступностью отдельных населённых пунктов, а также ограниченными возможностями медицинской и социальной помощи в случае чрезвычайных ситуаций. Нередко отсутствует нормативно оформленная документация по противопожарной защите на уровне местных администраций, а меры профилактики реализуются эпизодически или формально.

Обеспечение пожарной безопасности в сельской местности представляет собой многокомпонентную систему, включающую совокупность организационных, технических, нормативно-правовых и просветительских мероприятий, направленных на предупреждение возникновения пожаров, снижение их вероятности, минимизацию последствий и защиту населения и объектов. В условиях сельской территории, характеризующейся значительной удалённостью населённых пунктов, слабой инфраструктурой, преобладанием деревянной застройки и наличием больших площадей природной растительности, реализация эффективных мер требует комплексного и системного подхода[5].

Организационные меры составляют основу функционирования системы пожарной безопасности на муниципальном и поселенческом уровнях. Важную роль играет создание и развитие добровольных пожарных формирований, особенно в отдалённых населённых пунктах, где постоянное присутствие профессиональных пожарных подразделений невозможно. Необходимо оснащать добровольные формирования средствами первичного пожаротушения, мотопомпами, ранцевыми огнетушителями, защитной одеждой и средствами связи. Регулярное проведение тактико-специальных учений, тренировок по эвакуации, взаимодействию служб и информированию населения также относится к числу необходимых мероприятий. Также в сельской местности необходимо обустройство и поддержание в исправном состоянии источников противопожарного водоснабжения, включая пожарные водоёмы, резервуары, колонки и гидранты. Создание минерализованных полос, противопожарных разрывов между застройками, объектами сельского хозяйства и природными массивами снижает вероятность перехода пожара. Зачастую подъезды к отдалённым населённым пунктам являются грунтовыми, поэтому важным аспектом служит обустройство дорожного покрытия асфальтом[6]. Нормативно-правовое обеспечение пожарной безопасности играет ключевую роль в регламентации деятельности органов власти, организаций и населения. На муниципальном уровне должны быть утверждены положения о соблюдении противопожарного режима, разработаны инструкции по действиям в пожароопасный период, а также механизмы контроля и ответственности за нарушения. Особое значение имеет введение ограничений на проведение огневых работ и сжигание растительности в периоды повышенной пожароопасности, а также возможность оперативного установления особого противопожарного режима. Усиление административной ответственности за нарушения требований пожарной безопасности, особенно в части несанкционированного выжигания сухой травы, способствует снижению количества возгораний. Кроме того, требуется систематическая актуализация противопожарной документации, в том числе паспортов безопасности поселений, планов эвакуации и схем размещения средств тушения. Наконец, важным направлением является повышение готовности к реагированию на чрезвычайные ситуации. Это включает в себя разработку и актуализацию планов взаимодействия между структурами МЧС, органами местного самоуправления, медицинскими учреждениями и другими участниками системы гражданской обороны. Проведение учений по эвакуации населения,

проверка каналов оповещения и готовности пунктов временного размещения позволяют своевременно отработать механизмы действий и минимизировать потери при возникновении пожара[7].

Таким образом, обеспечение пожарной безопасности в сельской местности требует координационных усилий всех заинтересованных сторон: органов государственной власти, местного самоуправления, пожарных служб, добровольцев и самих граждан. Комплексный подход, включающий в себя оценку рисков, внедрение инженерных и организационных решений, правовое регулирование и повышение культуры безопасности, позволяет существенно снизить угрозу возникновения пожаров и минимизировать их последствия для жизни людей, сельскохозяйственного производства и окружающей среды. Обеспечение пожарной безопасности в сельской местности должно базироваться на принципах системности, адресности, превентивности и вовлечённости всех уровней управления и населения. Только при наличии согласованных действий всех участников и устойчивого функционирования всех звеньев системы возможно эффективное противодействие угрозам пожаров, сохранение жизни и здоровья людей, защита имущества, объектов экономики и окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кристина Кормилицына «Рослесхоз: весенний пик лесопожарного сезона пройден» [Электронный ресурс] // «Известия». 2025. URL: <https://iz.ru> (дата обращения: 1.08.2025).

2. Алексей Ярошенко «Природные пожары в 2025 году» [Электронный ресурс] // «Земля касается каждого». 2025. URL: <https://earthtouches.me> (дата обращения: 1.08.2025).

3. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Клепко Е. А., Попков С. Ю., Иванова О. В. Комплексный показатель пожарной безопасности в сельской местности: «Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация». М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 48–52.

4. Попков С. Ю. Оценка пожарной опасности муниципальных образований на основе комплексного показателя: дис. канд. техн. наук. М., 2012. 250 с.

5. Соколов С. В., Белов В. А., Белов Р. А. Анализ территориальных пожарных рисков в городах и сельских населённых пунктах Ярославской области: «Проблемы анализа риска». 2011. Т. 8. № 3. С. 42–49.

6. Огурцов А. А., Рыбальченко С. А., Родионов П. В. Тушение пожаров в сельских населённых пунктах: сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодёжи, 8–10 апреля 2021 г., Юрга. Томск: Изд-во ТПУ, 2021. С. 25–27.

7. Единый методический подход к оценке риска негативных воздействий при авариях и катастрофах / Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Латкин М.А. // В сборнике: Риски в изменяющейся социальной реальности: проблема прогнозирования и управления. Белгород: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 74-78.

УДК 621.311.001.57

Шевченко В.А.

Научный руководитель: Прец М.А., ст. преп.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Технология производства полимерных материалов предъявляет жесткие требования к поддержанию температурного режима на всех этапах процесса, поскольку температурные колебания приводят к изменению вязкости расплава, молекулярной структуры полимера и механических свойств конечного изделия. Отклонения от оптимального температурного профиля на 2–5 °С могут вызвать дефекты структуры и снизить выход готовой продукции на 10–20 %. Традиционные системы регулирования основаны на пропорционально-интегральных регуляторах (ПИ-регуляторы), которые обеспечивают стабильность лишь при квазистационарных условиях и не учитывают нелинейность тепловых процессов и инерционность нагревательных элементов [1]. Настоящая работа демонстрирует, что применение адаптивного алгоритма управления с машинным обучением позволяет снизить температурные колебания до 0,3–0,5 °С и сократить энергопотребление на 12–18 % без замены базового оборудования производства.

Система разработана для линии экструзии полимерных композитов, включающей три зоны нагрева (питающая камера, промежуточная зона, головка экструдера) с независимыми нагревателями мощностью 3–5 кВт каждый. В качестве датчиков температуры применены Pt100 с разрешением 0,1 °С, что обеспечивает

точность около $\pm 0,3$ °C при надлежащем согласовании и калибровке. Сигналы датчиков поступают на многоканальный модуль аналого-цифрового преобразования (АЦП) разрядностью 16 бит; обработка и управление осуществляются промышленным контроллером на базе ARM-ядра с рабочей частотой 600 МГц [2]. Программная часть реализована на C++ с использованием минимальной операционной системы реального времени (RTOS), что обеспечивает гарантированное время отклика не более 50 мс [3].

Модель тепловой динамики каждой зоны представляется дифференциальным уравнением первого порядка с постоянной времени $\tau = 30\text{--}45$ с, полученной экспериментально путем пошагового включения-отключения нагревателя и регистрации переходных процессов. На основе полученных параметров построена ММО-система (многовходовых-многовыходовой), учитывающая взаимное влияние зон через тепловые потоки расплава. Управление реализовано по принципу обратной связи с использованием модифицированного алгоритма Model Predictive Control (MPC), который предсказывает поведение системы на горизонте 180 с и выбирает управляющие воздействия, минимизирующие функционал энергетических затрат и отклонений температуры от задания [4].

Для повышения адаптивности алгоритма применена трехслойная нейронная сеть (НС), обученная на исторических данных производства (более 500 часов логирования с датчиков и актуаторов). НС предсказывает остаточные нелинейности динамики системы и корректирует управляющий сигнал, генерируемый MPC-контроллером. Обучение НС проводилось на графическом ускорителе (GPU) с использованием метода обратного распространения ошибки; валидация выполнялась на отложенной выборке, составляющей 20 % всех данных, и показала среднюю абсолютную ошибку (MAE) предсказания менее 0,15 °C на 30-минутный интервал прогноза.

Экспериментальная верификация системы проводилась в течение трех недель на действующем оборудовании линии экструзии. Сравнение проводилось между классическим ПИ-регулятором (настроен согласно методу Циглера–Николса) и разработанной интеллектуальной системой [5]. Результаты показали значительное улучшение характеристик управления. Средний уровень температурных колебаний (стандартное отклонение) снизился с 1,2 °C до 0,35 °C в питающей камере, с 0,9 °C до 0,28 °C в промежуточной зоне и с 1,0 °C до 0,42 °C в головке экструдера. Суммарное энергопотребление нагревательными элементами уменьшилось на 15,3

% при сохранении производительности линии. Процент брака по геометрическим и механическим параметрам сократился на 8–12 в зависимости от типа перерабатываемого полимера. Переходное время системы при ступенчатом изменении задания температуры составило 65–75 с вместо прежних 110–140 с.

К источникам остаточной неопределенности относятся погрешности датчиков температуры ($\pm 0,3$ °C), квантование сигнала в АЦП ($\pm 0,05$ °C), тепловые градиенты внутри материала в зонах нагрева, паразитное охлаждение через стенки и воздействие колебаний условий окружающей среды. Для дальнейшего улучшения предусмотрена установка дополнительных датчиков в глубине расплава и расширение обучающей выборки НС. С точки зрения производственной практики интеллектуальная система обеспечивает совместимость с имеющимся оборудованием и не требует переквалификации операторов; режимы работы легко адаптируются под разные марки полимеров путем переинициализации коэффициентов и переобучения НС на короткой последовательности пусконаладочных циклов.

Разработанная система демонстрирует практическую эффективность применения методов машинного обучения и предсказывающего управления к задачам автоматического регулирования температуры в производстве полимеров. Достигнутое снижение температурных колебаний и энергопотребления в сочетании с простотой интеграции в существующие производственные линии позволяет рекомендовать подход для использования на предприятиях малого и среднего масштаба. Дальнейшее развитие может включать применение более сложных архитектур глубокого обучения (например, LSTM-сети для временных рядов), интеграцию со складой-системами промышленных объектов и разработку методик валидации и сертификации таких систем в соответствии с требованиями отечественной и международной нормативной базы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полимернагрев. Нагрев полимерных материалов: полное руководство [Электронный ресурс]. <https://polymernagrev.ru> (дата обращения: 26.10.2023).
2. Ситара. AM335x: новая линейка микропроцессоров для промышленных применений с ядром Cortex-A8 [Электронный ресурс]. [https:// golnk.ru](https://golnk.ru) (дата обращения: 27.10.2023).

3. Колодин А. А., Ёлшин В. В. Разработка и исследование регулятора на основе прогнозирующей модели. — Вестн. Самар. ГОС. Техн. Ун-та. Сер. Технические науки. 2021. Т. 29. № 1.

4. Воробьев В.Ю., Саблина Г.В. Расчёт и оптимизация параметров дискретного ПИД-регулятора методом Циглера-Николса. — Автоматика и программная инженерия. 2019, №1(27).

5. А. Е. Чуфырев, В. А. Устюгов. Технический обзор особенностей операционной системы реального времени TI-RTOS. — Computer science 2016, № 1.

УДК 664.1

Юрьев Д.А.

Научный руководитель: Кузьмин Е. О., асс.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ САХАРА

Сахарная промышленность — одна из ключевых отраслей агропромышленного комплекса России. Однако ее развитие сопряжено с образованием большого объема побочных продуктов и отходов. При переработке 1 тонны сахарной свеклы образуется примерно 500-600 кг отходов, основную массу которых составляют жом (450-500 кг), фильтрационный осадок (40-50 кг) и меласса (35-45 кг) [1]. Традиционно эти материалы рассматривались как отбросы, требующие затрат на утилизацию и размещение на полигонах, что приводит к негативному воздействию на окружающую среду: загрязнению водных ресурсов, почвы и атмосферы в результате процессов гниения и выделения парниковых газов.

В условиях роста экологической осознанности и ужесточения природоохранного законодательства актуальной задачей становится разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий, направленных на комплексную переработку отходов сахарного производства. Переход от линейной модели экономики к циркулярной, где отходы одного производства становятся сырьем для другого, позволяет не только минимизировать экологический ущерб, но и получить дополнительную прибыль [2].

Ключевыми отходами свеклосахарного производства являются:

1. Жом (свекловичный жом) — это обессахаренная и измельченная свекловичная стружка, представляющая собой в основном клетчатку (целлюлозу, гемицеллюлозу) и пектиновые вещества. Обладает

высокой влажностью (до 90%) и является скоропортящимся продуктом [3];

2. Фильтрационный осадок (дефекат) – образуется в процессе очистки диффузионного сока. Состоит в основном из карбоната кальция, коллоидных органических веществ и воды;

3. Меласса (свекловичная патока) – густая темно-коричневая жидкость, являющаяся отходом после кристаллизации сахарозы. Содержит до 50% сахаров (некристаллизующаяся сахароза, глюкоза, фруктоза), а также азотистые вещества, зольные элементы и бетаин [4];

4. Отходы ботвы и хвостов свеклы – зеленая масса, остающаяся после уборки урожая.

Наиболее распространенным в России методом утилизации свежего жома является его сушка с последующим гранулированием. Сухой жом является высококалорийным кормом для сельскохозяйственных животных, богатым клетчаткой [3]. Однако процесс сушки энергоемок, что стимулирует поиск альтернативных решений.

Перспективным направлением является силосование жома, что позволяет консервировать его и использовать в качестве сочного корма в животноводстве в течение длительного времени.

С точки зрения энергетики и экологии высокий потенциал имеет анаэробное сбраживание жома для производства биогаза, содержащего 55-70% метана. Полученный биогаз может быть использован для генерации электро- и теплотенергии, обеспечивая энергетические потребности самого сахарного завода [5].

Дефекат, благодаря высокому содержанию кальция, органического вещества и наличию микроэлементов, является ценным мелиорантом и известковым удобрением. Его внесение в кислые почвы не только снижает их кислотность, но и улучшает структуру, обогащает питательными элементами. Разрабатываются технологии использования обезвоженного и гранулированного дефеката в качестве добавки в комбикорма (источник кальция).

Меласса является ценным сырьем для микробиологической и химической промышленности:

- Производство кормовых дрожжей и других продуктов микробного синтеза;
- В спиртовой промышленности меласса – традиционное сырье для производства биоэтанола;
- Производство лимонной, уксусной, молочной и других органических кислот путем ферментации;

- Выделение аминокислот, в частности, глутаминовой кислоты (производство глутамата натрия) и лизина.

Использование мелассы в биотехнологиях позволяет получать высокомаржинальную продукцию, значительно повышая экономическую эффективность сахарного завода.

Ботва сахарной свеклы может быть использована непосредственно на корм скоту, запахана в почву в качестве зеленого удобрения или направлена на анаэробное сбраживание совместно с жомом.

Наиболее прогрессивным подходом является создание интегрированных биорефайнинговых систем на базе сахарных заводов. В такой системе сахар-сырец является лишь одним из продуктов, а все потоки отходов последовательно перерабатываются в ценную продукцию.

Пример такой системы, прорабатываемой в рамках концепции технологических платформ России:

1. Сахарная свекла перерабатывается на сахар;
2. Жом направляется на анаэробное сбраживание для производства биогаза;
3. Биогаз используется для выработки электроэнергии и тепла.
4. Отработанный после сбраживания шлам (дигестат) используется как высококачественное органическое удобрение;
5. Меласса служит сырьем для биоэтанола или кормовых добавок;
6. Дефекат применяется для раскисления почв.

Такая модель позволяет максимально использовать биомассу, минимизировать захоронение отходов и создать безотходный, энергетически самодостаточный производственный комплекс.

Отходы сахарного производства не являются бесполезными остатками, а представляют собой потенциальное сырье для получения широкого спектра продуктов в кормовой, энергетической, химической и сельскохозяйственной отраслях. Внедрение технологий переработки жома, мелассы и дефеката – это стратегический экономический ресурс для России.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию существующих и разработку новых, более эффективных и малоотходных технологий переработки, а также на создание экономико-математических моделей, обосновывающих эффективность интеграции таких технологий в действующие производственные циклы сахарных заводов. Успешная реализация этих направлений будет способствовать устойчивому развитию сахарной промышленности и обеспечению технологического суверенитета страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шурбина М.Ю. Переработка отходов сахарного производства / М.Ю. Шурбина, Р.Т. Валеева, Д.В. Тунцев // Актуальная биотехнология. – 2023. – №. 4. – С. 50.
2. Фазрахманов И.И. Эффективная переработка отходов производства с помощью биотехнологии / И.И. Фазрахманов, К.А. Пелевина // Вестник Академии знаний. – 2025. – №. 2 (67). – С. 595-597.
3. Зелепукин Ю. И., Зелепукин С. Ю. Переработка отходов свеклосахарного производства / Ю.И. Зелепукин, С.Ю. Зелепукин // Сахар. – 2022. – №. 2. – С. 26-31.
4. Спирин, М. Н. Очистка маслосодержащих сточных вод отходами производства сахара / М. Н. Спирин, С. В. Свергузова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 5. – С. 187-191. – EDN SXDKCD.
5. Иванова Е. Н. Экологический аспект производства сахара в Краснодарском крае // Актуальные проблемы технологии продуктов питания, туризма и торговли. – 2022. – С. 171-174.

УДК 004.89:656.13

Яловенко С.А.

*Научный руководитель: Иващук О.А., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия*

АДАПТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ И НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ «УМНЫМИ» СВЕТОФОРАМИ

Традиционные системы регулирования транспортного потока не всегда эффективно решают проблему загруженности дорог, в связи с тем, что программы для светофоров проектируются и настраиваются операторами на основе статистических данных по участку или группе участков. Такие программы работают до тех пор, пока не происходят изменения в структуре и плотности транспортного потока, инфраструктуре территории, или в окружающей среде. В результате может увеличиваться время нахождения транспортного средства в пути, а, следовательно, растет стоимость поездки и количество выбросов вредных веществ в окружающую среду. Обеспечить рациональную работу светофоров позволяют специализированные системы,

способные в режиме реального времени адаптироваться к изменяющимся условиям.

Сегодня можно выделить два вида адаптивных светофоров: на основе специальных алгоритмов и на основе искусственных нейронных сетей. Рассмотрим эти виды подробнее.

Так, в настоящее время существует множество методов управления, которые используют данные о величине транспортного потока. Кроме того, есть методы, которые предлагает эффективную смену фаз сигналов за счет достижения минимума разницы входящего и исходящего трафика на перекрестке или методы, которые основаны на прогнозировании величины потока. [1]

Например, классический алгоритм Webster использует информацию о величине транспортного потока для регулирования длительности всего светофорного цикла. В течение установленного интервала времени собираются данные о транспортном потоке и рассчитывается оптимальная длительность разрешающего сигнала на следующий интервал. Такая операция повторяется в следующем цикле. Таким образом процесс адаптации происходит постоянно, но основывается на данных прошлого цикла. [2]

Другой метод, основанный на использовании алгоритма Max-pressure, предлагает достичь максимальную пропускную способность потока на перекрестке за счет вычисления «давления», которое является разностью количества транспортных средств на въездном и выездном участке. Далее система устанавливает разрешающий сигнал для той фазы, где «давление» наибольшее. В результате алгоритм эффективно решает проблему «пробок» на основе оценки загруженности на въездных и выездных полосах перекрестка. Однако такой подход требует установки дорогих индукционных петель на въездных и выездных участках [2]. Кроме того, не смотря на высокую эффективность применения данного метода, если в одном из направлений перемещается большое количество транспортных средств, система работает некорректно, выдавая высокий приоритет этому участку, не обращая внимание на количество и время ожидания транспортных средств на других участках. В качестве решения проблемы приоритета предложен метод максимального взвешенного потока [3], который предлагает использовать нейронную сеть для оценки времени прохождения перекрёстка и ввести понятие «взвешенный поток». «Взвешенный поток» - это поток, в котором «вес» каждого транспортного средства увеличивается в зависимости от того, как долго оно находится на перекрестке. Таким образом, транспорт,

долго находящийся на второстепенном участке получает «вес» больший, чем сумма «весов» нескольких транспортных средств на другом участке [3].

Следует отметить, что преимущества моделей светофоров на основе адаптивного алгоритма в том, что им не требуются качественные данные, связанные с транспортным потоком, поскольку они работают в ситуациях, где правила изменения сигналов просты.

Далее рассмотрим светофоры, функционирование которых реализуется с использованием нейронных моделей и в значительной мере зависит от выбора парадигмы и результатов обучения искусственной нейронной сети, которая регулирует транспортный поток на основе большого объема информации об участниках транспортного потока и параметров окружающей среды.

В научной работе [Овчиников Д.В., Шевенко Е.А. и Уфилин П.А.], посвященной применению нейронных сетей в системах адаптивных светофоров, авторы рассмотрели популярные архитектуры нейронных сетей: «YOLO», «SSD» и «Faster R-CNN». Сравнивались следующие критерии: скорость работы, точность и гибкость. В результате «Faster R-CNN» показывает наиболее высокую точность, но требует больше времени на анализ входных данных. Архитектуры «YOLO» и «SSD» показали хорошие результаты по всем трем критериям. Однако наилучший баланс критериев продемонстрировала архитектура «YOLO» [4].

Другая технология была рассмотрена в научной работе [Морозовой К.П.], посвященной Q-обучению. Это метод с подкреплением, в котором агент на основе состояния окружающей среды выбирает наиболее оптимальное действие. Основным компонентом, используемым в обучении, является таблица, в которой в столбцах представлены возможные действия системы, а в строках состояния системы и окружающей среды. Тогда в ячейках пересечения строк и столбцов указывается награда, которую получает агент при выборе действия на основе данных среды. В результате работы автор приходит к выводу, что методы обучения с подкреплением имеют большой потенциал для улучшения управления светофорами. [5]

Ключевым преимуществом данных моделей является возможность обрабатывать изображения любого ракурса, что позволяет системам распознавать участников движения на большем расстоянии от камеры. Помимо подсчета участников, система способна классифицировать тип транспортного средства.

Согласно исследованиям, современные нейронные сети способны классифицировать тип транспортного средства при видимости ~15% его площади. От типа транспортного средства значительно зависят и параметры движения транспортного потока. Например, грузовое транспортное средство и обычный легковой автомобиль имеют разную длину тормозного пути, а также разную схему старта. Такие особенности необходимо учитывать при настройке программы смены фаз или в алгоритмах адаптивного управления. Однако нейронная сеть может использовать данную информацию и настраивать интервалы фаз самостоятельно, обеспечивая таким образом максимальную пропускную способность и, следовательно, повышать качество движения всех участников транспортного потока. [6]

Таким образом, проведенный анализ двух подходов к созданию «умных» светофоров выявил их сравнительные преимущества и недостатки. Адаптивные алгоритмы (Webster, Max-pressure) демонстрируют высокую эффективность при относительно простой логике управления, однако их внедрение сопряжено с высокими затратами на установку дорогостоящих датчиков в дорожное полотно. Нейросетевые модели, в свою очередь, обладают большей гибкостью и точностью за счет анализа видеоданных, что упрощает монтаж, но предъявляет высокие требования к вычислительным ресурсам и квалификации обслуживающего персонала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юмаганов, А. С. Адаптивное управление сигналами светофоров на основе обучения с подкреплением, инвариантное к конфигурации светофорного объекта [Электронный ресурс] / А. С. Юмаганов, А. А. Агафонов, В. В. Мясников // Компьютерные исследования и моделирование. – 2024. – Т. 16, № 5. – С. 1253-1269. – DOI 10.20537/2076-7633-2024-16-5-1253-1269. – EDN BMLQML. URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 14.10.2025).

2. Wade Genders. An Open-Source Framework for Adaptive Traffic Signal Control [Электронный ресурс] / Wade Genders, Saiedeh Razavi // ArXiv. - 2019. URL: <https://arxiv.org> (дата обращения: 14.10.2025).

3. Агафонов, А. А. Адаптивное управление дорожными сигналами на основе нейросетевого прогноза максимального взвешенного потока [Электронный ресурс] / А. А. Агафонов, А. С. Юмаганов, В. В. Мясников // Автометрия. – 2022. – Т. 58, № 5. – С. 85-97. – DOI

10.15372/AUT20220510. – EDN ZRQVCM. URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 14.10.2025).

4. Овчинников, Д. В. Применение нейронных сетей в системах умных светофоров: выбор оптимальной архитектуры для анализа дорожного трафика [Электронный ресурс] / Д. В. Овчинников, Е. А. Шевченко, П. А. Уфилин // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2024. – Т. 7, № 2. – С. 26-31. – EDN EHFOZY. URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 14.10.2025).

5. Морозова, К. П. Применение Q-обучения для адаптивного управления светофорами [Электронный ресурс] / К. П. Морозова // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования: Материалы международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. – С. 1653-1656. – EDN DRIXEQ. URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 14.10.2025)

6. Архипов, Д. А. Умный светофор или использование искусственного интеллекта для управления транспортными потоками [Электронный ресурс] / Д. А. Архипов // Вестник науки. – 2024. – Т. 1, № 6(75). – С. 1389-1392. – EDN JWYVQE. URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 14.10.2025).

УДК 691.322

Ярмолюк В.В., Ткаленко Н.И., Костикова А.С.

Научный руководитель: Боцман Л.Н., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОНА

В настоящее время повышенное внимание ученых и инженеров в строительстве активно используют техногенное сырьё – металлургические шлаки, золошлаковые отходы ТЭС, шламы, отходы дробления, битое стекло, вторичный бетон и т.п. Причина проста: природные ресурсы не бесконечны, а требования к экологии постоянно возрастают. Такие материалы, при использовании их в бетоне позволяют снизить себестоимость и уменьшить количество отходов, которые складываются в природе. В связи с этим, предварительно необходимо теоретически изучить условия формирования структуры бетона, роль технологических приемов в этом процессе и характер влияния

структуры на качество бетона [1]. Отходы производства перед их использованием проходят предварительную подготовку, такое как дробление, чистка, сортировка и т.д. Исследования показывают: золошлаки делают бетон плотнее и устойчивее к сульфатам, измельчённое стекло усиливает прочность, а резиновые отходы снижают вес бетона и улучшают его теплоизоляцию. Состав техногенного сырья сильно разнится – всё зависит от исходного материала и способа его переработки. В него входят зола уноса и горелая порода, а там больше всего оксидов кремния (SiO_2), алюминия (Al_2O_3), железа (Fe_2O_3), кальция (CaO), магния (MgO) и других элементов в разных соотношениях [2]. Обычно кремния больше всего – его доля часто переваливает за 50 %. Из-за этого такое сырьё относят к кислым.

Для установления влияния использования различного вторичного сырья на свойства бетона необходимо проводить комплексную оценку отходов [3]. Сюда входит оценка токсичности, оценка химико-минералогического состава, оценка агрегатного состояния и другие показатели. Такая оценка позволит рационально использовать те или иные отходы, получая при этом максимальную эффективность [4].

Техногенное сырьё, включающее металлические шлаки, золошлаковые отходы теплоэлектростанций и различные химические отходы, оказывает значительное влияние на физико-механические и эксплуатационные свойства бетона. При правильной дозировке и составлении рецептуры с этими материалами возможно улучшение прочности бетона за счёт активации дополнительных химических реакций, таких как гидратация и пуццолановая активность. Это способствует формированию более плотной и однородной структуры цементного камня, увеличению водонепроницаемости и долговечности изделий. Металлические шлаки часто содержат оксиды кальция, кремния и алюминия, которые приносят дополнительную химическую активность, а золошлаковые компоненты, благодаря своей микроструктуре, улучшают микронаполнение бетонной смеси и снижают водопотребность. Однако неконтролируемое или избыточное содержание этих отходов может привести к негативным эффектам, таким как развитие коррозии бетона, появление микротрещин, снижение адгезии между цементным камнем и заполнителем. Поэтому для использования техногенного сырья необходим тщательный контроль его химического и гранулометрического состава, а также проверка свойств конечного бетонного композита. Для стабилизации свойств применяются специализированные комплексные добавки и различные методы активации сырья, что позволяет получать бетон с улучшенными

техническими характеристиками и одновременно снижать затраты на материалы и обеспечивать экологичность производства. Такой подход требует соблюдения строгих технологических режимов, соответствия нормативным требованиям и проведения лабораторных испытаний каждой партии сырья для предотвращения нежелательных последствий и гарантии качества строительных изделий [5].

Обеспечение стабильности и однородности бетонных смесей с использованием техногенного сырья представляет собой серьезную техническую задачу, непосредственно связанную с контролем качества на всех этапах производства. Техногенное сырье, включая металлургические шлаки, золошлаковые отходы и другие виды, имеет неоднородный состав и различные физико-химические свойства, что усложняет получение однородной бетонной смеси с постоянными характеристиками. Для предотвращения снижения прочности и обеспечения устойчивости к внешним воздействиям необходим тщательный контроль за качеством сырья – включая визуальный осмотр, лабораторный анализ химического состава, определение гранулометрического состава и другие показатели. В процессе производства бетонной смеси требуется точное дозирование и регулярное регулирование пропорций компонентов, а также применение комплексных органоминеральных добавок, способствующих стабилизации структуры бетона и улучшению его устойчивости к сульфатной агрессии [6].

В настоящее время использование техногенных отходов в строительстве ограничено из-за отсутствия единой и комплексной нормативной базы, которая могла бы регулировать все аспекты их применения. Расширение области применения техногенных продуктов для производства бетонов позволяет существенно уменьшить материальные и энергетические затраты, а также сократить сроки изготовления элементов и конструкций. Важным аспектом проведения исследований по данной тематике является очищение и оздоровление окружающей среды, что, несомненно, придает дополнительную актуальность изучению порошковых бетонов с техногенным сырьем. Существует множество видов техногенных материалов, которые характеризуются различным химическим и физическим составом, что усложняет их стандартизацию для широкомасштабного производства бетонных изделий. Это приводит к тому, что для каждого типа отходов требуется разработка индивидуальных технических регламентов и методик испытаний, что затрудняет внедрение этих материалов на практике [7].

Нормативные документы, регулирующие использование отходов в строительстве, в основном не охватывают все возможные типы техногенных сырьевых компонентов, что создаёт различные барьеры. Отсутствие общих стандартов также усложняет процесс государственной экспертизы и сертификации продукции, содержащей техногенное сырьё, что снижает интерес как производителей, так и покупателей в использовании этих материалов [8].

Внедрение техногенного сырья в производство бетона, а также бетонных и железобетонных изделий требует разработки специальных составов с учётом его пуццолановых и химических свойств, что влияет на сроки схватывания и конечные характеристики изделий. Пуццолановые добавки в составе техногенного сырья реагируют с гидроксидом кальция, образующимся при гидратации цемента, что приводит к формированию дополнительных гидросиликатов кальция. Этот процесс уплотняет структуру бетона и повышает его долговременную прочность. Однако он замедляет начальное схватывание, что требует корректировки рецептуры и использования различных добавок, регулирующие процесс твердения. Несмотря на это, конечная прочность, водостойкость и устойчивость к агрессивным средам бетона значительно улучшаются. Правильное использование пуццолановых свойств способствует не только улучшению характеристик бетона, но и экономии ресурсов и снижению себестоимости производства.

Таким образом, при использовании комплексного подхода к изучению различного техногенного сырья, возможность его применения при производстве бетона, а также изделий на его основе, возрастает. Это позволяет утилизировать отходы, при этом снижать себестоимость продукции, не ухудшая ее качество.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К вопросу использования техногенного сырья в производстве порошковых бетонов на композиционных вяжущих: Толстой А. Д., Лесовик В.С., Алфимова Н. И., Агеева М. С., Ковалева И. А., Баженова О. Г., Новиков К. Ю. В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды. сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. 2015. С. 384–390.

2. Мелкоштучные стеновые изделия на композиционных

гипсовых вяжущих с золошлаковым наполнителем: Муртазаев С.А.Ю., Чернышева Н. В., Сайдумов М.С. Экология и промышленность России. 2014. № 5. С. 18–22.

3. Особенности подбора состава органоминеральных бетонов на основе техногенного сырья: Русина В. В., Чернов Е. И. Строительные материалы. 2018. № 10. С. 36–39.

4. Буравчук Н. И., Гурьянова О. В. Мелкозернистый бетон на основе техногенного сырья для дорожных покрытий [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.inno-exp.ru/archive/31/152-159.pdf>

5. Баженов Ю. М., Комар А. Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. – М.: Стройиздат, 1984. – 672 с.

6. Получение высокопрочного бетона на основе техногенного сырья: Панова В. Ф., Спиридонова И. В., Семин А. П., Панов С. А. В сборнике: вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Нефтекамск, 2020. С. 21–27.

7. Алимов Л. А., Воронин В. В. Технология строительных изделий и конструкций. Бетонование: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 432 с.

8. Пономарев С. В. Техногенное сырье в бетонном производстве. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 256 с.

УДК 656.13:004.8

Ятковский А.П.

Научный руководитель: Семькина А.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В СИСТЕМАХ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ

В последние десятилетия быстрое распространение технологий дополненной реальности стало особенно заметным в секторе автомобильных транспортных систем, что объясняется как возросшей легкостью внедрения этой технологии, так и большим потенциалом для формирования инновационных подходов. Являясь разновидностью НМІ, средства дополненной реальности интегрируют цифровые элементы непосредственно в объективно существующую среду,

создавая так называемую «обогащённую» реальность, когда виртуальные объекты органично наслаиваются на окружающий физический ландшафт и дополняют его. Благодаря подобным возможностям пользователи способны непосредственно в процессе работы получать разностороннюю информацию о выполняемых процедурах, что не только оптимизирует производственные или эксплуатационные процессы, но и способствует углублению чувственного восприятия среды.

Следует подчеркнуть, что дополненная реальность представляет собой ключевую составляющую более широкой парадигмы смешанной реальности, подразумевающей синтез материального пространства и искусственно созданных цифровых компонентов. По степени распространения сфера применения AR не ограничивается исключительно индустриальными решениями: от высокотехнологичных сфера—таких как робототехника, организация здравоохранения и оптимизация транспортных систем—до образовательных платформ и развлекательных приложений, включая интерактивные компьютерные игры. Научное сообщество акцентирует внимание на значительном вкладе AR в контекст автомобильной индустрии, анализируя как её трансформационный потенциал, так и сопутствующие сложности, возникающие в ходе разработки и эксплуатации подобных систем [1].

Технологии дополненной реальности закладывают фундамент для появления прорывных возможностей среди всех подразделений, связанных с автомобилестроением. Так, посредством инновационных HUD—прозрачных проекционных панелей, внедрённых в поле зрения водителя—реализуется мгновенное отображение ключевых параметров и сервисной информации, что способствует росту безопасности и удобства управления. Некоторые автопроизводители используют AR не только в технических, но и в маркетинговых стратегиях, предоставляя клиентам уникальный опыт персонализации автомобиля в интерактивном режиме до совершения покупки. Дополнительно такие платформы непосредственно синхронизируются с данными, транслируемыми интеллектуальными управляющими системами, обеспечивая комплексный мониторинг и контроль в режиме реального времени.

В настоящее время интеграция цифровых и сенсорных технологий в автомобильной сфере позволяет революционизировать процесс эксплуатации транспортных средств. Одной из наиболее перспективных областей применения инноваций выступает

дополненная реальность, способная трансформировать восприятие дорожной обстановки посредством отображения релевантных данных непосредственно на лобовом стекле транспортного средства. Подобные интерфейсы, включая Head-Up Displays (HUD) с элементами AR-навигации, минимизируют необходимость отвлечения водителя на вторичные экраны, тем самым значительно снижая когнитивную перегрузку и увеличивая внимательность при управлении.

Вместо устаревших решений, требующих постоянного взгляда на отдельные приборы, современные AR-навигационные системы обеспечивают визуальную интеграцию информации – например, динамические указатели направления, сообщения о возможных угрозах и ориентиры Points of Interest накладываются непосредственно на проекцию реального дорожного полотна. Благодаря такому механизму водитель способен мгновенно распознавать критические сигналы, не теряя контакта с транспортной ситуацией, что напрямую способствует уменьшению вероятности аварийных инцидентов и оптимизации маршрутизации.

Технической основой подобного рода инноваций служит концепция Sensor Fusion. Задействование комплекса датчиков, включающих в себя радары, LiDAR и камеры, предоставляет богатый источник разнородных данных. Камеры, хотя и превосходят в идентификации объектов, испытывают ограничения при оценке расстояний; радары и LiDAR демонстрируют обратную зависимость: они великолепно определяют дистанцию, однако уступают в точности распознавания. Интеграция информации из различных сенсорных каналов посредством Sensor Fusion обеспечивает построение целостной и высокоточной модели окружающей среды; это, в свою очередь, играет ключевую роль в функционировании ассистивных систем (ADAS), а также лежит в основе эффективной работы средств AR-навигации [2].

Комплексное взаимодействие интеллектуальных алгоритмов, интернет-сервисов и мобильных приложений сопровождает процесс эксплуатации автомобиля, начиная с момента посадки водителя. Объединение этих цифровых элементов обеспечивает усовершенствование пользовательского опыта и оптимизацию повседневных задач управления. Благодаря HUD-дисплею с функциями дополненной реальности серьёзно упрощается процесс отслеживания маршрута и своевременного получения сведений о дорожных условиях. Подобный подход обеспечивает не только рост комфорта, но и существенное повышение уровня безопасности на всех этапах передвижения.

Подвижные объекты, такие как велосипедисты, пешеходы и прочие потенциальные источники неожиданной угрозы для движения, часто демонстрируют совершенно непредсказуемое поведение, что повышает вероятность возникновения опасных ситуаций. Для минимизации аварийных рисков технологии AR осуществляют визуальное выделение наиболее угрожающих элементов уличного ландшафта, предоставляя водителю актуальные сигналы о потенциальных опасностях и позволяя заранее принять корректирующие меры. Благодаря интеграции множества датчиков, происходящая вокруг транспортного средства картина фиксируется в реальном времени, причем система не ограничивается информированием о размещении объектов, а также своевременно сигнализирует о резких изменениях скорости или полной остановке машин в непосредственной близости.

Элементы поиска объектов инфраструктуры, в частности система обнаружения точек интереса, автоматизируют навигацию по городской среде: все, начиная от локаций для кратковременной стоянки и заканчивая ближайшей автозаправкой, легко идентифицируются благодаря специально разработанным алгоритмам. HUD, используя пространственное моделирование, проецирует на лобовое стекло водителя информацию о доступных парковочных местах, совместимых с габаритами текущего автомобиля; кроме того, дополнительно подсвечиваются детали о возможных временных ограничениях или стоимости соответствующих сервисов.

Вне зависимости от того, преодолевает ли водитель автомобильный туннель, выезжает из замкнутого парковочного пространства либо перемещается по освещённой солнцем магистрали, дисплей с функцией проекции динамически настраивает яркость и контрастность. Подобная адаптивность гарантирует, что визуальные сообщения, передаваемые средствами AR, всегда останутся отличимыми и читаемыми.

Получение вызова или поступление сообщения не вынуждает более оператора транспортного средства отвлекать взгляд от текущей дорожной ситуации. Синергия между микрофоном, HUD и штатными аудиосистемами автомобиля делает возможным управление коммуникацией без необходимости манипулировать мобильными устройствами вручную и тем самым минимизирует потенциальные отвлекающие факторы [3].

Однако несмотря на эффективность интеграции AR, стоит отметить существующие препятствия внедрения. К ним причисляются

капиталовложения значительных масштабов, высокий уровень сложности технического сопряжения с функционирующими автомобильными архитектурами, недостаточный ассортимент специализированных программных решений, а также, в особенности, вызовы, связанные с обеспечением информационной безопасности. Поскольку системы дополненной реальности получают устойчивую зависимость от телематических данных и постоянно подключены к интернету, они становятся уязвимыми целями для высокотехнологичных киберугроз [4, 5].

Тем не менее, лидирующие компании отрасли рассматривают подобные вызовы не как барьеры, а как необходимый этап технологического отбора, позволяющий выявить наиболее компетентных и устойчивых участников рынка, отделяя их от конкурентов с низкой степенью готовности к инновациям. Преодоление этих сложностей становится не столько мерой устранения текущих проблем, сколько рассчитанным шагом — вложением в долговременное господство на рынке и технологическую независимость.

Дополненная реальность участвует на всех шагах жизненного цикла автомобиля — начиная с этапа проектирования и завершая сервисным сопровождением — индустрия получает новый импульс к развитию под воздействием изменений реальности. Интеграция решений дополненной реальности способствует не только ускорению и удешевлению процессов моделирования и сборки, но также обеспечивает клиенту инновативный пользовательский путь и содействует формированию более безопасных дорожных условий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шафоростова, Е. А. Анализ использования интерфейсов дополненной реальности в автомобильной среде / Е. А. Шафоростова // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков : Сборник материалов X Международной научно-практической конференции, Москва, 25 апреля 2022 года / Редколлегия: Л.К. Гуриева, З.Ш. Бабаева [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ИРОК", ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2022. – С. 102-108. – DOI 10.34755/IROK.2022.84.90.050.

2. Электронные помощники для водителя: система контроля полосы движения, парковочная система и система обнаружения пешеходов / С. А. Нежута, А. Ю. Перькова, А. С. Семькина, Н. А.

Загородний // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. – 2019. – № 3. – С. 66-70.

3. Лукьянова, М. Г. Автомобильная электроника: для водителя и для пассажира / М. Г. Лукьянова, Д. Н. Солодовников // Автомобиль и Электроника. Современные Технологии. – 2013. – № 1(4). – С. 32-34.

4. Растопчин, Н. С. Дополненная реальность как современный маркетинговый инструмент / Н. С. Растопчин // Менеджмент в социальных и экономических системах : сборник статей XIV Международной научно-практической конференции, Пенза, 16–17 декабря 2022 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 327-332.

5. Власов, А. С. Разработка и моделирование искусственной нейронной сети для ИИ-водителя в составе беспилотного транспортного средства / А. С. Власов, Т. Н. Круглова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2020. – № 8. – С. 110-117. – DOI 10.34031/2071-7318-2020-5-8-110-117.

СОДЕРЖАНИЕ

¹Худасова О.Г., ²Игрунова С.В., ¹Седов С.С.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УЧЕБНЫЙ ПУЛЬТ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
БОРТОВЫМИ СИСТЕМАМИ АВИАЦИОННЫХ СИМУЛЯТОРОВ
..... 3

¹Шеметова О.М., ²Игрунова С.В., ¹Исаев Б.П.

МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ НА КОЛЕСНОМ ШАССИ 8

Алимова П.С., Долгополова А.С.

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ И ШУМОВЫХ НАГРУЗОК ОТ
ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПУТИ ИХ
МИНИМИЗАЦИИ..... 12

Аль Жанзир З.М.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЛИНЕЙНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ И
МАСШТАБИРОВАНИЯ ПРИ УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА
ИЗОБРАЖЕНИЙ 15

Андреев А.Ю., Скороходова М.Р.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РОССИИ:
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗА 2023, 2024 И 2025 ГОДЫ..... 22

Андреева С.О., Дуганова Е.В.

ВОЗДУШНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ БЕСПИЛОТНЫМИ
ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ 26

Андриевская А.С.

НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ 31

Анисимов И.С.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ РУБОК УХОДА В
МОЛОДНЯКАХ 35

Анисимов Н.С.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОТИВОБУКСОВОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ	39

Анокин Ю.С.

АРХИТЕКТУРЫ, УПРАВЛЯЕМЫЕ СОБЫТИЯМИ: ПРОЦЕССНО- ОРИЕНТИРОВАННЫЕ SLI/SLO И АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ.....	43

Ашихмин Э.А., Бабакин Е.Ю.

КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ВАЛКОВЫХ ДРОБИЛОК	47

Байда Б.Ю., Гатицкий Д.В., Нетычук А.В.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ХЛАДАГЕНТА В ТЕПЛОВЫХ НАСОСАХ ДЛЯ СУШКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	50

Барашков И.А.

АНАЛИЗ ФАКТИЧЕСКОЙ ВОСТРЕБОВАННОСТИ НОВЫХ ТИПОВ КОНСТРУКЦИЙ РЕКУПЕРАТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ.....	56

Бардынин А.А.

ФУТЕРОВКА, КАК РЕЗЕРВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОМОЛА В ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ	61

Баринов Р.А., Ручий А.Ю., Пушкарская Д.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА РИСОВОЙ ШЕЛУХИ	66

Басова Д.Н.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫМИ ДОМАМИ	70

Бобров Д.Е.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАРКЕТИНГЕ: ТРАНСФОРМАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОТРЕБИТЕЛЕМ. 74	

Бойштыан Е. К., Головина А.О., Колесникова А.В.

ТИПЫ ПЛАНИРОВОК ГОРОДОВ: АНАЛИЗ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ.....	78
Бочарникова А.С., Подлегаев Н.И.	
КЛАССИФИКАЦИЯ ТРУБНЫХ ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ	82
Брагина К.В., Старченко К.М., Колесникова А.С.	
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ НА ПРЕДМЕТ НОРМАТИВНОГО СООТВЕТСТВИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ПРИ ПОМОЩИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПЛАГИНА В ПО	87
Буркова К.А.	
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВНЕДРЕНИЮ ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ПРИ ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	90
Быканова К.К.	
ЗЕЛЁНЫЕ ЗОНЫ И БЛАГОУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИИ В РАМКАХ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛОГО РАЙОНА.....	95
Валеева А.Т.	
МЕЖДУ КОМПАКТНОСТЬЮ И ЛИНЕЙНОСТЬЮ: ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВ.....	98
Вихарева Ж.А.	
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	102
Войцешко Д.М.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ НЕЙРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИГРОВЫМ ПЕРСОНАЖЕМ.....	107
Волобуев В.Р.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЯКОВЛЕВСКОГО ГОКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ	112
Воронков И.Е.	

АЭРОТЕРМОАКУСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА	116
Воскобойников И. С.	
МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ В АРХИТЕКТУРЕ ОЗЁР ДАННЫХ	119
Выхристюк М.Ю., Ляхова О.Р.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ ПОДХОДОВ К ПОСТРОЕНИЮ CRM-СИСТЕМ: МОНОЛИТ, МИКРОСЕРВИСЫ И ОБЛАЧНЫЕ РЕШЕНИЯ	124
Галкина Э.Е., Галкина Ю.Е.	
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В ЛАБОРАТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	127
Герц С.Н.	
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ	132
Гладких М.А. Старченко Д.Н, Рога С.Н.	
ОБРАЗОВАНИЕ В ВУЗАХ В БЛИЖАЙШЕЕ БУДУЩЕЕ: ЦИФРОВЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ	135
Гоенко И. О	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ ПОВЕДЕНИЯ (BEHAVIOR TREES) И МОДЕЛЕЙ, ОСНОВАННЫХ НА ЦЕЛЯХ (GOAL-ORIENTED ACTION PLANNING), В ДИНАМИЧНЫХ ИГРОВЫХ СРЕДАХ	139
Головачёва А.С.	
ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК: КАК ВИРТУАЛЬНАЯ КОПИЯ ЗАВОДА ЭКОНОМИТ МИЛЛИАРДЫ	144
Головин Д.А.	
СТАТИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ В PYTHON: СУТЬ И ОСОБЕННОСТИ. СТАТИЧЕСКИЙ МЕТОД	149
Головина А.О., Бойштян Е., Колесникова А.В.	

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖИЛЫХ КВАРТАЛОВ С СОХРАНЕНИЕМ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ	154
Горбатенко М.И., Князева Е.А.	
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ.....	159
Горохов П.С., Воронков И.Е., Курганский Д.А.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТРИЧЕСКОЙ И ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОЙ РЕЗЬБ	164
Горяников Д.В.	
ЗАВИСИМОСТЬ РАСХОДА ОТ ЧАСТОТЫ ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕЛ ОБТЕКАНИЯ	167
¹ Гребеник А.А., ² Серых В.Д.	
ЗДАНИЯ БУДУЩЕГО: КАК АРХИТЕКТУРА АДАПТИРУЕТСЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА.....	170
Гузеева В.Ю., Пардаев М.Р.	
ТРАНСПОРТНЫЕ УЗЛЫ КАК ЭЛЕМЕНТЫ АРХИТЕКТУРНОЙ КОМПОЗИЦИИ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА	174
Гуров Ф. В.	
ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА	178
¹ Дегтярь Д.А., ² Серых В.Д.	
ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ТРЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЕ ПО КРИВОЛИНЕЙНЫМ НАПРАВЛЯЮЩИМ.....	182
Дмитриева Ю.А., Ляхова О.Р.	
ИНТЕГРАЦИЯ CRM С УЧЕТНЫМИ СИСТЕМАМИ КОМПАНИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ	186
Довыденко И.С., Веников И.А.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ «ВАЛ ПРИВОДНОЙ» В NX CAD (SIEMENS PLM SOFTWARE)	190
Долгополова А.С.	

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	196
Доронина А.И., Цой Е.А., Орлов Л.В.	
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ .	200
Дубраков А.А., Божко Е.Д., Ситников Н.Д.	
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ РАЗНЫХ ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВА ВВЕДЕНИЕ	202
Дубровин В.В.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ (Индустрия 4.0 и интернет вещей IoT).....	206
Дубровина А.Е.	
РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ МИКРОРАЙОНОВ КРУПНОГО ГОРОДА НА ПРИМЕРЕ МИКРОРАЙОНА ДУБРОВКА Г. БЕЛГОРОД	210
Дудина Е.И., Смагина А.Р., Пономарева П.С.	
АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА «5 ПОЧЕМУ» И ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ В БОРЬБЕ С ПОТЕРЯМИ В КЕРАМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	214
Дудина Е.И., Смагина А.Р., Пономарева П.С.	
АНАЛИЗ СЫРЬЯ (КАОЛИНА) ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	219
Дуюн И.А.	
КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	223
Дуюн И.А.	
МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ	229

Ермак Я.Ю., Гиенко А.С., Алифанова Э.С.

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ:
ВОЗМОЖНОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ..... 233

Ермакова К.В., Семернин Е.В.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ ВЫДАЧИ СРЕДСТВ
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ СПАСАТЕЛЕЙ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ
ФОРМИРОВАНИЙ..... 238

Ефанов И.В., Родко А.Э., Городилова Р.Д.

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТНОГО ФАКТОРА НА ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК РАБОТНИКОВ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА..... 243

Жердев А.Д.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ
ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ В ЦЕХАХ НАНЕСЕНИЯ
ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ 245

Жихарев И.А.

МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ
ГОНОЧНОЙ КОМАНДЫ СО СПОНСОРАМИ НА ОСНОВЕ
ИНЖЕНЕРНОЙ ОТЧЁТНОСТИ 249

Жулега И.Д. Маматов А.В., Стативко Р.У.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ 251

Синовьева М.А.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФЕРМЕНТАЦИИ
АНТИМИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ..... 256

Зорин А.В.

ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО
СКЛАДА ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ СОВОКУПНЫХ
ТРАНСПОРТНЫХ ЗАТРАТ 261

Зюбенко Д.В.

АДАПТИВНАЯ АРХИТЕКТУРА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ ПОД ИЗМЕНЯЮЩИЕСЯ ПОТРЕБНОСТИ.....	266
Иванова В.Ф., Козлов А.А.	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ: ПРОБЛЕМЫ, КРИТЕРИИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ	271
Иващенко И. А.	
АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ СОРТИРОВКИ И ПОИСКА В 1С	274
Игумнова В.В., Спельников В.Н.	
О ПРИЧИНАХ ОКРАШИВАНИЯ ВОДЫ В ПРУДАХ- ОТСТОЙНИКАХ	277
Истомина А.Е., Никонов Н.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО В ЛАБОРАТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	280
Калиткин И.В., Мурзин Е.А.	
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРНЫХ ГЛУХИХ ЗВУКОВ.....	284
Карачевцев И.О., Горленко Ю.А., Дубняков С.И.	
ШЕРОХОВАТОСТЬ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА ГИДРОЦИЛИНДРА ТОРМОЗНОГО	289
Карачевцева А.В., Запара У.И.	
НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ПЕЧЕЙ.....	292
Касаткин С. В.	
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛАБОРАТОРИИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ФБУ «БЕЛГОРОДСКИЙ ЦСМ».....	295
Каяева Т.Д.	
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ	

ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СФЕРЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	298
Кийкова Е.Е., Меньшуткина М.Ю.	
ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ СОВЕТСКОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА	301
Клемешова Ю.С., Авдеев Р.Р.	
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ДЛЯ ОБЩЕСТВА ПРИ ОТСУТСТВИИ БАЗОВЫХ НАВЫКОВ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ У НАСЕЛЕНИЯ	307
Козлов А.А.	
ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	310
Кокнов Н.С.	
ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	314
Колесникова А.С., Старченко К.М.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АДАПТАЦИИ ПРОСТРАНСТВА	319
Колесова А.С., Смагина А.Р., Дудина Е.И.	
СТАБИЛИЗАЦИЯ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛАХ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ДЕЙСТВИЯ MgO И Y ₂ O ₃	322
Колесова А.С., Смагина А.Р., Дудина Е.И.	
БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ	326
Коннов А.В., Чуриков А.С.	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЯНТАРНОГО ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА	330
Копочинский В.В., Старченко К.М.	

ЭЛЕМЕНТЫ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЗДАНИЯ	335
Костенко С.Е.	
АПРИОРНАЯ ОЦЕНКА ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ РАСПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШЛАКОВ ОЭМК	341
Кравченко Д.С., Белозеров Н.А., Агарков К.В.	
АНАЛИЗ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ ВАЛКОВОГО ИСПОЛНЕНИЯ.....	347
Крикунова К.О., Паньков С.Е.	
КЛЮЧЕВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЕЗЗАРАЖИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ	353
Кудрявых А.Д.	
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОСТ Р ИСО 45001-2020 В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ.....	358
Кужелева А.А., Литвинова Ю.И.	
ПРИМЕНЕНИЕ БОРОГИПСА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА	363
Курганский Д.А., Горохов П.С.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ	367
Лапко Н.А.	
«ГРАЖДАНСКАЯ РАЗРАБОТКА» НА ПЛАТФОРМАХ LOW- CODE/NO-CODE: КАК ВЫСТРОИТЬ ОПЕРАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БИЗНЕСА И ИТ В МАСШТАБНЫХ ПРОГРАММАХ.....	374
Левшин А.М.	
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ. КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ,	

УСТРОЙСТВ РАСШИРЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ СИСТЕМ	379
Левшин Д.Э., Пойменов М.С.	
ЧЕТЫРЕ КЛАССА ЗАДАЧ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА	387
Лежнева В.А.	
ВЛИЯНИЕ НАРУЖНОЙ РЕКЛАМЫ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ	390
Лежнева В.А.	
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИМАГИСТРАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ	394
Литвинова Ю. И., Дреер Ю.И., Кужелева А.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛИЗУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ТЕХНОГЕННОГО ОТХОДА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ И КРИОЛИТА	398
Лунев А.В.	
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ (МФК) КАК СЛОЖНЫЙ ОБЪЕКТ ТИПОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ И КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ	402
Лушников А.С.	
ОЧИСТКА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ АПК	407
Ляхова О.Р.	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ CRM-СИСТЕМЫ.	411
Макаренко В.А.	
ВОДНО-ЗЕЛЕНый КАРКАС, ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДАХ	414
Максименко Е.В.	
КОНСЕРВАЦИЯ КАК СОХРАНЕНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ПАМЯТНИКОВ ОТ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗРУШЕНИЯ	420

Максимова К.М., Кузовов А.С.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ УЧЕБНОГО СТЕНДА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ
ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ 424

Максимова К.М., Кузовов А.С.

КОНСТРУКЦИЯ УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС
МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА 427

Малец А.А., Ляхова О.Р.

АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОПТОВОЙ
ТОРГОВЛИ СРЕДСТВАМИ CRM-СИСТЕМ 430

Маловичко Н.С., Немцева Я.А

ПРЕДПОСЫЛКИ РЕНОВАЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ 434

Мальцев Б.А.

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ СТИЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ХРАМОВ
РОССИИ..... 439

Мапоссе Луиш Фигу Жозе

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ
ТИПА 2Л-120 ПРИ ДОБЫЧЕ КАМЕННОГО УГЛЯ В КАРЬЕРЕ
ФИРМЫ «ВУЛКАН МОЗАМБИК» 444

Маркашов А.А., Бектурганов Т.Р., Лукьяненко М.Р.

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В CAD-СИСТЕМЕ NX SIEMENS..... 447

Марченко В.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СФЕРЕ
АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ 452

Махонина К.А.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ПРИ ДТП..... 456

Маширов В.В.

ПРОБЛЕМЫ ХРАНЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ	459
Меньшуткина М.Ю., Кийкова Е.Е	
ГОРОД ВНУТРИ ГОРОДА: ИСТОРИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ ДВОРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ.....	461
Мехдиева Э.А.	
ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	466
Миронченко И. А.	
КИБЕРПРОСТРАНСТВО КАК НОВАЯ ФОРМА ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА.....	470
Миронченко И.А.	
АНАЛИЗ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ ОПЕРАЦИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ДАННЫХ.....	474
Москалев Д.М., Цой Е.А., Орлов Л.В.	
ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ МАРКИ ВАЗ	479
Мурашко И.С., Ключкина В.А., Ключкин А.В.	
РАЗРАБОТКА КРОСС-ПЛАТФОРМЕННОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МАГАЗИНА МУЗЫКАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА БАЗЕ ФРЕЙМВОРКА SPRING	481
Мурзин Е.А., Дубровин А.Н.	
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРНЫХ ЗВОНКИХ ЗВУКОВ	486
Мухаметшин А.Р.	
КАК ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ НАШУ ЖИЗНЬ: ОТ УЧЁБЫ ДО РАБОТЫ.....	491
Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Науменко В.В., Исса Ю.М., Алешкин К.К.	

РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМА СМЕШИВАНИЯ РОТОРНОГО СМЕСИТЕЛЯ И МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЕГО ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ	494
Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Науменко В.В., Исса Ю.М., Индиченко А.В., Верьянко И.Ю.	
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ СМЕСИ	498
Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Науменко В.В., Исса Ю.М., Коробка В.О.	
РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО ЧИСЛА ОБОРОТОВ СМЕСИТЕЛЬНОГО БАРАБАНА РАСТВОРОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ	502
Несмеянов Н.П., Бражник Ю.В., Науменко В.В., Исса Ю.М., Хохлов Д.О.	
ОБОСНОВАНИЕ КОМПОНОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ И КОНСТРУКЦИЙ СМЕСИТЕЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ	506
Несмеянов Н.П., Калашник И.А., Сухоруков И.Н., Али А.М., Юсиф А.М., Хохлов Д.О.	
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНУТРИМЕЛЬНИЧНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ МАТЕРИАЛОВ В БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦАХ	511
Несмеянов Н.П., Калашник И.А., Сухоруков И.Н., Исса Ю.М., Алешкин К.К.	
АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ БРОНЕФУТЕРОВКИ ЦЕМЕНТНЫХ МЕЛЬНИЦ.....	514
Несмеянов Н.П., Смирнов Д.В., Атласюк В.А., Чернолихов И.А., Хохлов Д.О.	
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ДЕЗИНТЕГРАТОРОВ	517

Несмеянов Н.П., Сухоруков И.Н., Калашник И.А., Юсиф А.М., Али А.М.

СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАБОТЫ ТРУБНЫХ
ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ 522

Несмеянов Н.П., Сухоруков И.Н., Юсиф А.М., Исса Ю.М., Али А.М.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
МАТЕРИАЛОВ В ЦЕМЕНТНЫХ МЕЛЬНИЦАХ..... 527

Никулин В.В.

ВНЕДРЕНИЕ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ПРИВОД
ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ 532

Обернихин А.А., Щипцов А.В.

МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАГРУЗКИ КОНУСНОЙ
ДРОБИЛКИ..... 535

Образцов М.А., Ветохина В.А., Ключкина В.А.

СОЗДАНИЕ ЧАТ-БОТА ДЛЯ ПОМОЩИ СТУДЕНТАМ:
АРХИТЕКТУРА, АЛГОРИТМЫ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА 540

Овчинников А.С.

ОСОБЕННОСТИ КОМПАКТИРОВАНИЯ СМЕСИ ОТСЕВОВ
ГАББРО-ДИАБАЗА И ДОЛОМИТА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ 544

Омельчук Д.А., Смыкова А.В., Тарасенко В.Н.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕКРЕАЦИОННОГО
ПРОСТРАНСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ..... 550

Остапук С.И., Преснова Е.С.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ЧАСТИЦ
ИЗНОСА, ГЕНЕРИРУЕМЫХ ПАРОЙ ТРЕНИЯ ЭНДОПРОТЕЗА
КОЛЕННОГО СУСТАВА 555

Петров М.М., Набоков Д.А.

ПОЛУЧЕНИЕ УКРЕПЛЕННОЙ ЩЕБЕНОЧНО-ПОЛИМЕРНОЙ
СМЕСИ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА 559

Петрова Д.В.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ В
УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ И
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ
ПРОИСШЕСТВИЙ 563

Петухов Е.А., Пасечник Л.В.

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ И СПОСОБОВ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ 566

Петухов Е.А., Пасечник Л.В.

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И
ТЕХНОЛОГИИ ИХ РЕМОНТА..... 571

Петухов Е.А.¹, Пасечник Л.В.¹, Катаев А.В.²

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА УЧАСТКЕ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ..... 575

Подчасов А.Д., Бездетко Е.О., Половнева Д.О.

МЕТОДЫ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В
РОССИИ..... 578

Поликарпов Д.О.

АПСАЙКЛИНГ И РЕСАЙКЛИНГ В СИСТЕМЕ ОБРАЩЕНИЯ С
БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ 582

Попов М.С., Шелудченко Е.И.

НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ
МЕЛЬНИЦ 587

Преснова Е.С., Остапюк С.И., Уткина А.А

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОСЛОЖНЕНИЙ И
УЛУЧШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ
ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА С
ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ..... 591

Разиньков Н.В., Никулин В.В.

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ ШАРОВОЙ БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЫ.....	595
Рахматулин Д.С., Черданцев П.О.	
НАЗНАЧЕНИЕ НОРМЫ РАСХОДА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВАНИИ ОБРАБОТКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ	599
Рахматулин Д.С. ¹ , Вагнер С.В. ²	
ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ.....	603
Репенецкий П.А.	
РОЛЬ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ПОВЫШЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ (НА БАЗЕ СТАНДАРТА ИЕС 61508)	608
Романов Ф.А., Руколеев А.В.	
ГАЗОСНАБЖЕНИЕ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ: ИННОВАЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	612
Рулев Д.А., Потапов Д.Ю.	
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И САНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХРИЗОТИЛА В ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ: СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД	615
Румянцева К.О., Семькина А.С., Орлов Л.В.	
РОЛЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ФОТО- И ВИДЕОФИКСАЦИИ НАРУШЕНИЙ ПДД, ВЛИЯЮЩИХ НА СНИЖЕНИЕ АВАРИЙНОСТИ	620
Савельева М.А.	
ВЛИЯНИЕ ЦВЕТА, ФОРМЫ И МАСШТАБА НА СОЗДАНИЕ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ЖИЛОГО РАЙОНА	625
Сазонов Д. А., Черноморец А. А.	
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО СОКРЫТИЯ ИНФОРМАЦИИ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ.....	631

Салихов Д.Д.

АНАЛИЗ ПОДГОТОВКИ ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ
КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО РАСЧЕТА НА ПРИМЕРЕ БАРАБАНА
ТРУБНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
CAD/CAM/CAE СИСТЕМЫ SIEMENS NX 635

Семененко М.Э., Баранов Д.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСЛОВНЫХ ОПЕРАТОРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
ПАРАМЕТРИЗОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРОГРАММЕ КОМПАС-
3D 640

Семенова К.В.

ТРАНСПОРТНАЯ ДОСТУПНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ:
ВЛИЯНИЕ АГЛОМЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА
МОБИЛЬНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ МОСКВЫ И
МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ) 643

¹Серых В.Д., ²Гребеник А.А.

РАСЧЕТ УСИЛЕНИЯ СТЕН 649

Сиденко И.Э., Семькина А.С.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ УКЛАДОК КОВАННОГО
КАРБОНА И «ЧЕШУИ ДРАКОНА» 652

Сидорова А.А.

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В
ВОССТАНОВЛЕНИИ И СОХРАНЕНИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ
АРХИТЕКТУРЫ 655

Сисята А.А., Холостякова Д.С.

МОДУЛЬНОЕ И АДАПТИВНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В
СОВРЕМЕННОМ МИРЕ 659

Скворцов А.А., Скворцова И.Д., Бондаренко В.О.

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ БРАКА СТЕКЛЯННОЙ ТАРЫ И ПРИЧИНЫ
ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ 664

Скворцова И.Д., Скворцов А.А., Бондаренко В.О.

СВЕТОПРОПУСКАНИЕ ТАРНЫХ СТЕКОЛ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА ОСНОВЕ ПЕСКОВ РАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	668
Скороходова М.Р.	
ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК ЭЛЕМЕНТ ПАССИВНОЙ ПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	672
Смагина А.Р., Колесова А.С., Дудина Е.И.	
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА КЕРАМИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ	675
Смагина А.Р., Колесова А.С., Дудина Е.И.	
ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ БЕЗДЕФЕКТНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ (ЗҚС) И МЕТОДА «ДЗИДОКА» ДЛЯ СНИЖЕНИЯ БРАКА В ПРОИЗВОДСТВЕ АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ	679
Смагина А.Р., Колесова А.С., Дудина Е.И.	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ СВЯЗКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА.....	684
Смирнов Д.В., Чернолихов И.А., Алешкин К.К., Хохлов Д.О.	
РАСЧЁТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДЕЗИНТЕГРАТОРОВ.....	689
Смирнов И.В.	
РОЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ.....	693
Солонченко М.Е.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА.....	697
Сподина А.В., Старченко К.М.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ИЗНОСА КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЯ С ЦЕЛЬЮ СВОЕВРЕМЕННОГО	

ИНИЦИАТИВНОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА В ИХ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ	701
Стойчанова М. И., Старченко К.М.	
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЗДАНИЯ ИСХОДЯ ИЗ ЕГО ИЗНОСА.....	705
Сысоев А.Н., Дубинин Е.Г.	
ПОДАЧА И ХРАНЕНИЕ СЫРЬЕВОЙ МУКИ	712
Сычев Е.А., Севостьянов И.В.	
ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЗНОСА ФУТЕРОВКИ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ В РОСКУ DEM	715
Таралло З.В., Черкасов А.В., Крапивин С.Н.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ.....	719
Тарарьев М.С., Ключкина В.А.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ И ГРУПП ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ ВПО ПО ДИСЦИПЛИНАМ «ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ» И «ЭЛЕКТИВНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ» ИСПОЛЬЗУЯ СРЕДСТВА ПЛАТФОРМЫ 1С «Предприятия» 8.3723	
Титов Р.Е., Козлов А.А., Скороходова М.Р.	
МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ ОТ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ УГРОЗ.....	727
Токарев В.А., Грищенко М.С.	
КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ	731
Токарев В.А., Кабалин М.Д.	
МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ БЕТОННОГО ЛОМА	736
Усачев Д.В., Голикова Д.О., Косенко Я.Г.	
НОВАЯ ЖИЗНЬ СТАРОГО МЕХАНИЗМА: ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ШАРНИРНЫХ СИСТЕМ.	741
Усачев Д.В., Голикова Д.О., Лучников Д.В.	

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ МЕТОД ПЕРЕРАБОТКИ ИЗНОШЕННЫХ ШИН	745
Усачев Д.В., Голикова Д.О., Лучников Д.В.	
ТЕРМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПЕРЕРАБОТКИ ИЗНОШЕННЫХ ШИН	750
Фенина Д.О., Черкашин К.В., Науменко В.В., Исса Ю.М.	
ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ БАЛАНСИРНОЙ БАЛКИ ГУСЕНИЧНОГО БУЛЬДОЗЕРА ЧЕТРА Т35.01	754
Фенина Д.О.	
ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ БАЛАНСИРНОЙ БАЛКИ ГУСЕНИЧНОГО БУЛЬДОЗЕРА ЧЕТРА Т35.01	758
Фонова А.Ю.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BPMMS (BUSINESS PROCESS MANAGEMENT SYSTEMS) В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ	760
Хохлов Д.О.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАРБОТАЖА В ПРИЯМКАХ ММС «ГИДРОФОЛ»	763
Худяков М.В.	
ПРЕДИКТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ CTR В TELEGRAM НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КОНТЕНТА	766
Чалов Д.С.	
СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОБАВОК РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ В СОСТАВЕ ГЕОПОЛИМЕРНОЙ ВЯЖУЩЕЙ СИСТЕМЫ	769
Черкашин К.В., Фенина Д.О., Науменко В.В., Исса Ю.М.	

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗУБЬЕВ КОВША ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-5А ПУТЕМ КОНСТРУКТИВНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ.....	774
Черноволов М.Д., Скороходова М.Р.	
БЕЗОПАСНОСТЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗАХ ПРИ УГРОЗЕ АТАК БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ	779
Чистяков А.В.	
ДВУХТОЧЕЧНАЯ КАЛИБРОВКА БЮДЖЕТНОГО ЦИФРОВОГО ТЕРМОДАТЧИКА DS18B20 В ДИАПАЗОНЕ 0-100°С	783
Чубук А.А., Козлов А.А.	
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ О ЧС	786
Чухлеб Р.Е.	
РЯДЫ ТЕЙЛОРА И МАКЛОРЕНА В РАЗРАБОТКЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР.....	789
Шамраев А. А.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОКСЕЛЬНОГО И ПОЛИГОНАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ.....	794
Шаталова Д.С., Шаталов В.А.	
ПОЛУЧЕНИЕ ДИСПЕРСНОГО СЫРЬЯ В РОТОРНО – ЦЕНТРОБЕЖНОМ ДИСПЕРГАТОРЕ С ЦЕЛЬЮ УТИЛИЗАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ	798
Шатохина М.А., Козлов А.А.	
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ: ОЦЕНКА РИСКОВ И ВНЕДРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ	801
Шевченко В.А.	

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ
ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ..... 805

Юрьев Д.А.

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ САХАРА ... 808

Яловенко С.А.

АДАПТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ И НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ В
СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ «УМНЫМИ» СВЕТОФОРАМИ 811

Ярмолук В.В., Ткаленко Н.И., Костикова А.С.

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ПРИ
ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОНА..... 815

Ятковский А.П.

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В СИСТЕМАХ ПОМОЩИ
ВОДИТЕЛЮ 819