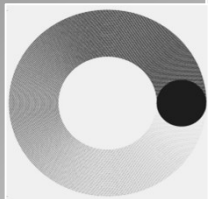


2025
(8)



ВЕСТНИК ПОЛИТЕХА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Рязанский институт (филиал) Московского
политехнического университета



Россия
Рязань
22.09.2025



ВЕСТНИК ПОЛИТЕХА

Научно-практический журнал

"ВЕСТНИК ПОЛИТЕХА" – научно-практический журнал, целями которого являются формирование открытого информационного пространства для широкого обмена научной информацией по обозначенным в журнале направлениям между высшими учебными заведениями и научными учреждениями; привлечение внимания к наиболее актуальным, перспективным и интересным направлениям современной науки и практики.

В журнале публикуются материалы исследований, научные статьи и обзоры, посвященные фундаментальным и прикладным проблемам по общественным, техническим, естественным наукам.

Основные тематики журнала

- оборудование, технологии, приборы и инструменты;
- экономика, менеджмент и управление, маркетинг;
- информационное обеспечение, технические науки;
- строительство и архитектура;
- естественные науки.

Основан в 2018 году. Выходит раз в год

Учредитель:

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Московский
политехнический университет»

Зарегистрирован Управлением Федеральной службы
по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций по Рязанской области

Реестровая запись СМИ от 11.01. 2018 г.
Серия ПИ № ТУ62-00288

ISSN 2618-687X

Размещается в электронной библиотеке eLIBRARY.RU

Главный редактор

д-р полит. наук, профессор В.С. Емец
Заместитель главного редактора
канд. техн. наук, доцент А.С. Асаев

Редакционная коллегия

канд. техн. наук, А.Н. Паршин
канд. техн. наук, доцент Н.А. Антоненко
канд. техн. наук А.В. Байдов
канд. ист. наук, доцент Е.Н. Костылева
канд. архитектуры Н.А. Осина
канд. техн. наук, доцент В.Н. Ретюнских
канд. экон. наук, доцент С.В. Фролова
И.А. Юдаев
И.Л. Боровикова

Научные редакторы:

д-р техн. наук, профессор И.Е. Кущев
д-р пед. наук Н.В. Герова
д-р техн. наук, профессор Ю.А. Юдаев

Адрес редакции:

390000, Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53, ауд. 231
Тел. +7 (4912) 28-39-67 e-mail: vestnik-rimsou@mail.ru

Периодическое научное издание

Вестник Политеха. 2025. № 8
Научно-практический журнал

Подписано в печать 15.09.2025

Дата выхода в свет 22.09.2025

Формат А4.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Тираж 24 экз. Заказ № 10 «Свободная цена»

Рязанский институт (филиал) Федерального
государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Московский политехнический
университет»

Отпечатано в типографии Рязанского института (филиала)
Московского политехнического университета

Адрес издателя, типографии:

390000, Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53

© Рязанский институт (филиал) Московского политехниче-
ского университета, 2025

12 +

АВТОРЫ ОПУБЛИКОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕСУТ ОТ-
ВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ТОЧНОСТЬ ПРИВЕДЕННЫХ ФАКТОВ,
ЦИТАТ, СОБСТВЕННЫХ ИМЕН И ПРОЧИХ СВЕДЕНИЙ.
РЕДАКЦИЯ МОЖЕТ ОПУБЛИКОВАТЬ СТАТЬИ, НЕ РАЗДЕ-
ЛЯЯ ТОЧКУ ЗРЕНИЯ АВТОРА. ЗА СОДЕРЖАНИЕ РЕКЛАМ-
НЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ РЕДАКЦИЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ НЕ
НЕСЕТ. ПЕРЕПЕЧАТКА ИЛИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ МАТЕ-
РИАЛОВ НОМЕРА ЛЮБЫМ СПОСОБОМ ПОЛНОСТЬЮ
ИЛИ ПО ЧАСТЯМ ДОПУСКАЕТСЯ ТОЛЬКО С ПИСЬМЕН-
НОГО РАЗРЕШЕНИЯ ИЗДАТЕЛЯ

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

Абрамов Ю.А., Малевский Е.В., Степанов Д.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ.....	3
Абрамов Ю.А., Пудов М.А. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗО- СНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ.....	5
Кузнецова С.С., Официн С.И. МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ ТЕХНОЛОГИИ «РАСШИРЕННАЯ РЕ- АЛЬНОСТЬ».....	11
Стрыгин С.В., Лощинин Н.В. 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ СКАЙВИНГ-СТАНОЧНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ	13
Юдаев Ю.А., Кирьяков О.В. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ОТДЕЛЕНИЯ ПОЧВЫ ОТ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ВИБРАЦИИ ЛЕНТЫ ТРАНСПОРТЕРА	27

ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ И УПРАВЛЕНИЕ, МАРКЕТИНГ

Кондукова Э.В. РЕГИОНАЛЬНЫЙ БЮДЖЕТ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ.....	32
Курыгина Е.В. ВЛИЯНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ НА РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННО- СТИ В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИ- ЗАЦИИ	35
Морозова Н.М., Зубрилина Е.Д. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ	39
Цупко А.Ю., Фролова С.В. ВЛИЯНИЕ САНКЦИЙ И ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НА ОТЕЧЕСТВЕННУЮ ПРО- МЫШЛЕННОСТЬ.....	44

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Абрамов Ю.А., Гаррыев М. ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ ЗА СЧЁТ НАГНЕТАНИЯ ДОПОЛ- НИТЕЛЬНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ	48
Абрамов Ю.А., Гейт А.В. МИКРО ЭВМ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕ- САМИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ	53
Абрамов Ю.А., Жигин А.В. ЭКО СТРОИТЕЛЬНЫЕ БЛОКИ ИЗ ВТОРСЫРЬЯ	56
Абрамов Ю.А., Лутхов К.Н. СОСТАВНЫЕ ДЮБЕЛИ ДЛЯ АНКЕРОВ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ ГОЛОВКИ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ.....	59
Фролов М.И., Родионов М.А., Козикова И.Н. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	73

ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

УДК 621.311.42

*Абрамов Юрий Алексеевич, ст. преподаватель
кафедры промышленного и гражданского стро-
ительства РИ(ф)МПУ,
volga383.abramov@yandex.ru*

*Малевский Евгений Владимирович, студент
РИ(ф)МПУ, volga383.abramov@yandex.ru*

*Степанов Дмитрий Александрович, студент
РИ(ф)МПУ, volga383.abramov@yandex.ru*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Аннотация: в статье рассматриваются основные аспекты проектирования и оптимизации логистической инфраструктуры на региональном уровне. Особое внимание уделяется анализу текущего состояния транспортно-логистических систем, выявлению узких мест и потенциала для модернизации. Предложены подходы к рациональному размещению логистических центров, организации транспортных коридоров и внедрению цифровых технологий в управление логистикой. Показана важность межмуниципального и межрегионального сотрудничества для повышения общей эффективности логистических процессов.

Ключевые слова: Логистическая инфраструктура, региональная логистика, оптимизация, транспортно-логистические системы, логистические центры, цифровизация логистики, транспортные коридоры.

Введение

Развитие логистической инфраструктуры становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности любого региона. Современная логистика — это не просто перемещение товаров, а сложная система взаимосвязанных объектов и процессов, обеспечивающих бесперебойное продвижение материальных потоков от производителя

к потребителю. Успешное проектирование и оптимизация этой системы требуют системного подхода, аналитической базы и внедрения инновационных технологий.

Структура логистической инфраструктуры

Логистическая инфраструктура региона состоит из нескольких взаимосвязанных элементов:

- складская сеть — распределительные центры, сортировочные и хранительные склады;
- транспортная инфраструктура — автомобильные, железнодорожные, воздушные и водные пути, автопарки, грузовые терминалы;
- вспомогательные элементы — сервисные службы (ремонт, заправка), информационные системы управления перевозками и складами.
- интеллектуальные компоненты — автоматизированные системы, IoT-устройства, платформы Big Data и искусственного интеллекта.

Эти компоненты должны функционировать в единой системе, обеспечивая высокую скорость, надежность и экономическую эффективность.

Этапы проектирования логистической инфраструктуры

Проектирование логистической системы строится поэтапно и включает следующие ключевые шаги:

1. Аналитический этап:
 - оценка социально-экономических показателей региона;
 - кластерный анализ территорий;
 - дискриминантный анализ потенциальных площадок;
 - ABC-классификация зон по уровню активности;
 - исследование потребительского спроса и транспортной доступности.
2. Практическое планирование:
 - выбор оптимальных локаций для логистических объектов;
 - расчет необходимых мощностей складов и терминалов;
 - проектирование транспортных коридоров и маршрутов;

- формирование модели грузопотоков;
- разработка интегрированной транспортно-складской сети.

Принципы проектирования

При разработке логистических решений важно придерживаться следующих принципов:

- системность – все элементы рассматриваются как единое целое;
- гибкость – возможность адаптации к изменениям рыночной среды;
- экономическая эффективность – минимизация затрат при высоком уровне сервиса;
- интеграция – создание взаимосвязанной экосистемы между всеми участниками цепочек поставок.

Методы и технологии оптимизации

Для повышения эффективности логистических систем применяются современные подходы и инструменты:

- математическое моделирование и прогнозирование;
- генетические алгоритмы, методы локального поиска и имитации отжига;
- системы многокритериальной оптимизации;
- автоматизация складских операций (WMS, AS/RS);
- цифровые платформы управления перевозками (TMS, ERP);
- интернет вещей (IoT) и Big Data для мониторинга и анализа грузопотоков;
- умные транспортные системы и дронная логистика.

Критерии оценки эффективности

При проектировании и модернизации логистической инфраструктуры необходимо ориентироваться на следующие ключевые метрики:

- минимизация общих логистических затрат;
- снижение транспортных расходов и издержек на грузопереработку;
- сокращение времени доставки;
- повышение качества обслуживания клиентов;
- интеграция в глобальные и мультимодальные цепочки поставок.

Региональные особенности и факторы влияния

При планировании логистических систем учитываются специфические условия каждого региона:

- географическое положение и климат;
- плотность населения и уровень урбанизации;
- наличие промышленных, сельскохозяйственных и торговых зон;
- существующая транспортная сеть и её пропускная способность;
- перспективы развития и потребности рынка.

Практическая реализация: примеры успешных проектов

На практике уже реализованы проекты, демонстрирующие эффективность комплексного подхода:

- создание логистических парков в Московской области;
- развитие мультимодальных терминалов в Санкт-Петербурге;
- внедрение автоматизированных складских систем в Екатеринбурге;
- организация скоростных транспортных коридоров между крупными городами;
- формирование логистических кластеров, объединяющих участников цепочек поставок.

Эти проекты подтверждают, что грамотное планирование и использование современных технологий позволяют значительно повысить эффективность логистики и укрепить экономику региона.

Преимущества системного подхода

Применение комплексного подхода к развитию логистической инфраструктуры дает следующие преимущества:

- снижение операционных затрат на 20–30%;
- увеличение транзитного потенциала региона;
- повышение инвестиционной привлекательности;
- улучшение качества логистического сервиса;
- создание условий для цифровой трансформации и устойчивого развития.

Перспективы развития

Будущее логистики связано с дальнейшим внедрением цифровых технологий, развитием умных систем управления и переходом к экологичным решениям:

- цифровизация всех этапов логистического процесса;
- развитие мультимодальных перевозок;
- внедрение «зеленых» технологий;
- создание интегрированных логистических платформ;
- использование ИИ и машинного обучения для прогнозирования спроса и оптимизации маршрутов.

Заключение

Эффективное проектирование и оптимизация логистической инфраструктуры требует системного подхода, учитывающего экономические, географические и технологические особенности региона. Только путем создания интегрированной, гибкой и цифровой логистической системы можно добиться максимальной эффективности, снижения издержек и повышения уровня обслуживания. Важно развивать мультимодальные перевозки, внедрять инновационные технологии и формировать устойчивую логистическую экосистему, способную адаптироваться к требованиям современной экономики.

УДК 697.922

Абрамов Юрий Алексеевич, ст. преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» РИ(ф)МПУ,

volga383.abramov@yandex.ru

Пудов Максим Алексеевич, студент РИ(ф)МПУ,
volga383.abramov@yandex.ru

ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

Аннотация: в статье рассматриваются оборудования, применяемые для изготовления систем теплогазоснабжения и вентиляции. Рассмотрены отдельно будут несколько различных оборудований для изготовления

ЛИТЕРАТУРА

1. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. Pearson, URL: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3203314>
2. Kern Johannes The Digital Transformation of Logistics: A Review About Technologies and Their Implementation Status URL: https://www.researchgate.net/publication/350570671_The_Digital_Transformation_of_Logistics_A_Review_About_Technologies_and_their_Implementation_Status
3. Министерство транспорта РФ. Стратегия развития транспортной системы РФ до 2030 года. – М., 2021.
4. Агентство стратегических инициатив. Анализ состояния логистической инфраструктуры в регионах РФ. – М., 2022.
5. Долгин А.П. Экономика знаний: теория, практика, перспективы. – М.: ГУ ВШЭ, 2020.
6. McKinsey & Company: Next Generation Digital Supply Chain URL: <https://supply-chaindigital.com/technology/mckinsey-and-company-next-generation-digital-supply-chain>.

системы теплогазоснабжения, и отдельно оборудования для изготовления систем вентиляции.

Ключевые слова: теплогазоснабжение, вентиляция, оборудование, поверхность, защитные покрытия, герметичность.

Оборудование, применяемое для изготовления систем теплогазоснабжения и вентиляции

Системы теплогазоснабжения и вентиляции являются важными составляющими инфраструктуры зданий и сооружений. Они обеспечивают комфортные условия проживания и работы, а также поддерживают оптимальный микроклимат в помещениях.

Изготовление таких систем требует использования специализированного оборудования, которое позволяет выполнять сложные технологические операции с высокой точностью и качеством.

Оборудование для изготовления систем теплогазоснабжения

Для изготовления систем теплогазоснабжения используются следующие виды оборудования:

1. Сварочные аппараты. Они применяются для соединения металлических элементов систем теплогазоснабжения. Сварочные аппараты бывают разных типов, в зависимости от используемого метода сварки (электродуговая, газовая, лазерная и т.д.).

2. Трубогибочные станки. Они используются для изгибания труб под нужным углом и радиусом. Трубогибочные станки позволяют изготавливать трубы сложной конфигурации, которые необходимы для систем теплогазоснабжения.

3. Пресс-формы. Они применяются для изготовления фасонных элементов систем теплогазоснабжения, таких как тройники, переходы, отводы и т.д. Пресс-формы позволяют получать элементы сложной формы с высокой точностью.

4. Резательные станки. Они используются для резки металлических элементов систем теплогазоснабжения. Резательные станки позволяют получать заготовки нужной длины и формы.

5. Дробеструйные установки. Они применяются для очистки металлических поверхностей от загрязнений и ржавчины. Дробеструйные установки позволяют подготовить поверхности к сварке и нанесению покрытий.

6. Оборудование для нанесения покрытий. Оно используется для защиты металлических элементов систем теплогазоснабжения от коррозии и износа. Оборудование для нанесения покрытий может включать в себя краскопульты, распылители и другие устройства.

Оборудование для изготовления систем вентиляции

Для изготовления систем вентиляции используются следующие виды оборудования:

1. Вентиляционные установки. Они применяются для обеспечения циркуляции воздуха в помещениях. Вентиляционные установки могут быть приточными, вытяжными или приточно-вытяжными.

2. Воздуховоды. Они используются для транспортировки воздуха от вентиляционных установок к помещениям. Воздуховоды могут быть изготовлены из металла, пластика или других материалов.

3. Диффузоры. Они применяются для распределения воздуха по помещениям. Диффузоры могут быть регулируемые или нерегулируемые.

4. Вентиляционные решетки. Они используются для защиты воздуховодов от загрязнений и повреждений. Вентиляционные решетки могут быть изготовлены из металла, пластика или дерева.

5. Вентиляционные клапаны. Они применяются для регулирования потока воздуха в системах вентиляции. Вентиляционные клапаны могут быть ручными или автоматическими.

6. Оборудование для очистки воздуха. Оно используется для удаления загрязнений из воздуха, проходящего через системы вентиляции. Оборудование для очистки воздуха может включать в себя фильтры, ионизаторы и другие устройства.

Это лишь некоторые примеры оборудования, которое применяется для изготовления систем теплогазоснабжения и вентиляции. В зависимости от типа системы и требований к её качеству, может потребоваться использование другого оборудования. Важно выбирать оборудование, соответствующее требованиям проекта, чтобы обеспечить высокое качество и надёжность систем теплогазоснабжения и вентиляции.

Дополнение.

Оборудование для изготовления систем теплогазоснабжения

Сварочные аппараты применяются в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции для соединения различных элементов конструкций. С их помощью создают прочные и герметичные швы, которые обеспечивают надёжность и долговечность систем.

Сварочные аппараты используются при монтаже трубопроводов, установке оборудования, соединении металлических конструкций и других работах. Они позволяют соединять элементы систем из различных материалов, таких как сталь, алюминий, медь и их сплавы.

В монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции применяются разные типы сварочных аппаратов, в зависимости от вида работ и материалов, с которыми предстоит работать. Например, для сварки металлических труб и элементов конструкций используют аппараты для дуговой сварки, а для сварки тонких металлических листов — аппараты для точечной сварки.

Кроме того, сварочные аппараты применяются не только для создания новых систем, но и для ремонта и восстановления существующих. Они позволяют быстро и качественно восстановить герметичность и прочность системы, что особенно важно для обеспечения безопасности и эффективности её работы.

Таким образом, сварочные аппараты играют важную роль в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции, обеспечивая прочность, герметичность и надёжность соединений, а также возможность ремонта и восстановления существующих систем.

Трубогибочные станки применяются в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции для гибки металлических труб и придания им необходимой формы и конфигурации. Это позволяет создавать прочные и герметичные соединения, которые обеспечивают надёжную работу систем.

С помощью трубогибочных станков можно создавать изгибы и отводы под разными углами, а также формировать сложные конструкции из труб. Это особенно важно при монтаже систем, где требуется точное соответствие геометрии труб проектным решениям.

Кроме того, трубогибочные станки позволяют работать с трубами различных диаметров и материалов, включая сталь, алюминий и медь. Это расширяет возможности монтажа и позволяет создавать системы с различными характеристиками и требованиями к прочности и герметичности.

Таким образом, трубогибочные станки являются важным инструментом в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции, обеспечивая точное соответствие геометрии труб проектным решениям и возможность создания сложных конструкций.

Пресс-формы применяются в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции для создания точных и повторяющихся элементов конструкций из различных материалов, таких как сталь, алюминий и медь. Они используются для изготовления разнообразных деталей и компонентов, которые затем применяются в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Пресс-формы позволяют производить детали с высокой точностью и повторяемостью, что важно для обеспечения надёжной работы систем. Они используются для изготовления таких элементов, как фланцы, переходники, заглушки и другие компоненты, которые необходимы для соединения труб и создания сложных конструкций.

Кроме того, пресс-формы позволяют изготавливать детали из различных материалов, что расширяет возможности монтажа и позволяет создавать системы с разными характеристиками и требованиями к прочности и герметичности. Это особенно важно при монтаже систем, где требуется высокая точность и повторяемость элементов.

Таким образом, пресс-формы являются важным инструментом в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции, обеспечивая создание точных и повторяющихся элементов конструкций, что способствует надёжной работе систем.

Резательные станки применяются в монтаже систем тепло- и газоснабжения для точной и аккуратной резки различных материалов, таких как металл, пластик и другие. Они используются для резки труб, профилей и других элементов, которые затем применяются при монтаже систем.

Резательные станки позволяют получать элементы с ровными и аккуратными краями, что важно для обеспечения герметичности и прочности соединений. Они

также позволяют производить резку под разными углами и создавать элементы нужной формы и размера.

Кроме того, резательные станки ускоряют процесс монтажа, так как позволяют быстро и точно резать материалы. Это особенно важно при работе с большим количеством элементов и при необходимости соблюдения строгих сроков монтажа.

Таким образом, резательные станки являются важным инструментом в монтаже систем тепло- и газоснабжения, обеспечивая точную и аккуратную резку материалов, что способствует качественному и быстрому монтажу систем.

Дробеструйные установки применяются в монтаже систем тепло- и газоснабжения для нескольких целей:

1. Обезжиривание поверхностей. Дробеструйные установки позволяют удалить с поверхностей деталей масляные и жировые загрязнения, которые могут препятствовать качественному соединению элементов систем.

2. Очистка поверхностей. Установки помогают удалить с поверхностей деталей ржавчину, окалину, остатки формовочной смеси и другие загрязнения, которые могут снизить прочность и герметичность соединений.

3. Создание шероховатости. Дробеструйная обработка способствует созданию шероховатости на поверхности деталей, что улучшает адгезию материалов и повышает прочность соединений.

4. Подготовка поверхностей. Установки позволяют подготовить поверхности деталей к последующему нанесению защитных покрытий, которые повысят долговечность и надёжность систем.

5. Улучшение внешнего вида. Дробеструйная обработка может применяться для улучшения внешнего вида элементов систем, удаления заусенцев и придания поверхностям гладкости.

Таким образом, дробеструйные установки являются важным инструментом в монтаже систем тепло- и газоснабжения, обеспечивая качественную подготовку по-

верхностей деталей и улучшая их эксплуатационные характеристики. Это способствует надёжному и долговечному функционированию систем.

Оборудование для нанесения покрытий, включая дробеструйные установки, применяется в монтаже систем тепло- и газоснабжения, а также в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции (ТГВиВ) для следующих целей:

1. Нанесение защитных покрытий. Оборудование позволяет наносить на поверхности деталей защитные покрытия, такие как краска, лак, эмаль, полимерные материалы и другие. Это повышает долговечность и надёжность систем ТГВиВ.

2. Улучшение адгезии материалов. Дробеструйная обработка создаёт шероховатость на поверхности деталей, что улучшает сцепление между материалами и повышает прочность соединений.

3. Подготовка поверхностей. Оборудование помогает подготовить поверхности деталей к последующей установке и сборке элементов систем ТГВиВ. Это включает удаление загрязнений, ржавчины, окалины и других нежелательных элементов.

4. Улучшение внешнего вида. Дробеструйная обработка может быть использована для улучшения внешнего вида элементов систем ТГВиВ, удаления заусенцев и придания поверхностям гладкости.

5. Обеспечение герметичности соединений. Качественная подготовка поверхностей деталей с помощью оборудования для нанесения покрытий способствует созданию герметичных соединений, что важно для систем ТГВиВ.

6. Повышение прочности соединений. Создание шероховатости на поверхности деталей и использование защитных покрытий способствует повышению прочности соединений элементов систем ТГВиВ.

7. Предотвращение коррозии. Нанесение защитных покрытий помогает предотвратить коррозию металлических элементов систем ТГВиВ, что способствует их долговечности.

8. Соответствие стандартам. Качественная подготовка поверхностей и нанесение защитных покрытий обеспечивают соответствие систем ТГВиВ необходимым стандартам и требованиям безопасности.

Таким образом, оборудование для нанесения покрытий является важным инструментом в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции, обеспечивая качественную подготовку поверхностей и нанесение защитных покрытий. Это способствует надёжной и долговечной работе систем.

В монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции вентиляционные установки применяются для обеспечения циркуляции воздуха в помещениях, поддержания необходимого микроклимата и удаления загрязнённого воздуха. Они играют важную роль в обеспечении комфортных условий пребывания людей в зданиях и сооружениях, а также в поддержании требуемых параметров воздуха в производственных помещениях.

Дополнение.

Вентиляционные установки могут использоваться для следующих целей:

1. Обеспечение воздухообмена. Вентиляционные установки обеспечивают циркуляцию воздуха в помещениях, поддерживая необходимый уровень кислорода и удаляя загрязнённый воздух. Это важно для поддержания здоровья и комфорта людей, а также для предотвращения скопления вредных веществ в воздухе.

2. Регулирование температуры и влажности. Некоторые вентиляционные установки могут быть оснащены системами регулирования температуры и влажности воздуха. Это позволяет создавать комфортные условия пребывания в помещениях и предотвращать образование конденсата и плесени.

3. Удаление загрязнённого воздуха. Вентиляционные установки могут быть оснащены системами фильтрации, которые удаляют из воздуха пыль, микроорганизмы, аллергены и другие загрязнители. Это способствует улучшению качества воздуха и снижению риска возникновения заболеваний дыхательной системы.

4. Поддержание требуемых параметров воздуха. В производственных помещениях могут быть установлены специальные вентиляционные системы, которые поддерживают требуемые параметры воздуха, такие как температура, влажность, содержание кислорода и других газов. Это важно для обеспечения безопасности и эффективности производственных процессов.

5. Создание комфортных условий пребывания. Вентиляционные установки могут быть использованы для создания комфортных условий пребывания в помещениях, таких как оптимальная температура, влажность и чистота воздуха. Это способствует повышению производительности труда и снижению уровня стресса у людей.

Таким образом, вентиляционные установки являются важным элементом в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции, обеспечивая поддержание необходимых параметров воздуха и создание комфортных условий пребывания в помещениях.

Воздуховоды применяются в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции для транспортировки воздуха между вентиляционными установками и помещениями. Они играют важную роль в обеспечении циркуляции воздуха, поддержании необходимого микроклимата и удалении загрязнённого воздуха из помещений.

Воздуховоды могут использоваться для следующих целей:

1. Обеспечение воздухообмена. Воздуховоды соединяют вентиляционные установки с помещениями, обеспечивая циркуляцию воздуха и поддерживая необходимый уровень кислорода. Это важно для поддержания здоровья и комфорта людей, а также для предотвращения скопления вредных веществ в воздухе.

2. Удаление загрязнённого воздуха. Воздуховоды также могут использоваться для удаления загрязнённого воздуха из помещений. Это способствует улучшению качества воздуха и снижению риска возникновения заболеваний дыхательной системы.

Таким образом, воздуховоды являются важным элементом в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции, обеспечивая

циркуляцию воздуха и удаление загрязнённого воздуха из помещений.

Диффузоры применяются при монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции для распределения приточного воздуха по помещениям. Они играют важную роль в обеспечении комфортных условий пребывания в помещениях, а также в поддержании необходимого микроклимата.

Диффузоры могут использоваться для следующих целей:

1. *Распределение приточного воздуха.*

Диффузоры равномерно распределяют приточный воздух по помещениям, обеспечивая его циркуляцию и поддерживая необходимый уровень кислорода. Это важно для поддержания свежести воздуха и предотвращения скопления вредных веществ.

2. *Создание комфортного микроклимата.* Диффузоры способствуют созданию комфортного микроклимата в помещениях, обеспечивая равномерное распределение приточного воздуха и предотвращая возникновение сквозняков.

3. *Снижение уровня шума.* Диффузоры могут снижать уровень шума, создаваемого приточным воздухом, что способствует созданию более комфортных условий пребывания в помещениях.

Таким образом, диффузоры являются важным элементом в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции, обеспечивая распределение приточного воздуха и создание комфортного микроклимата в помещениях.

Применение вентиляционных решёток при монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции

Вентиляционные решётки – это элементы систем вентиляции, которые используются для распределения и регулирования воздушных потоков. Они играют важную роль в обеспечении комфортных условий пребывания в помещениях и поддержании необходимого микроклимата.

Применение вентиляционных решёток позволяет:

1. Равномерно распределять воздушные потоки по помещениям, обеспечивая их циркуляцию и поддерживая необходимый

уровень кислорода. Это способствует поддержанию свежести воздуха и предотвращению скопления вредных веществ.

2. Создавать комфортный микроклимат в помещениях, предотвращая возникновение сквозняков и обеспечивая равномерное распределение воздушных потоков.

3. Регулировать интенсивность воздушных потоков, что позволяет поддерживать оптимальный микроклимат в помещениях в зависимости от внешних условий и потребностей.

4. Защищать вентиляционные системы от попадания посторонних предметов, пыли и насекомых, что способствует более эффективной работе систем вентиляции и снижению риска возникновения аварийных ситуаций.

Таким образом, вентиляционные решётки являются важным элементом в монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции, обеспечивая распределение воздушных потоков и создание комфортного микроклимата в помещениях.

Применение оборудования для очистки воздуха при монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции позволяет:

1. Обеспечить удаление из воздушных потоков пыли, аллергенов, бактерий, вирусов и других вредных веществ, что способствует созданию более здоровой атмосферы в помещениях.

2. Предотвратить засорение вентиляционных систем и оборудования, что может привести к снижению их эффективности и возникновению аварийных ситуаций.

3. Увеличить срок службы вентиляционных систем и оборудования за счёт предотвращения их износа из-за воздействия вредных веществ.

4. Улучшить качество воздуха в помещениях, что может быть особенно важно для людей с аллергическими реакциями или заболеваниями дыхательной системы.

5. Снизить расходы на обслуживание и ремонт вентиляционных систем и оборудования, так как они будут меньше подвержены износу.

Таким образом, оборудование для очистки воздуха является важным элементом

при монтаже систем теплогазоснабжения и вентиляции, обеспечивая улучшение качества воздуха в помещениях и повышение эффективности работы вентиляционных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента УП-57 «О мерах по ускорению внедрения возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий в 2023 году»

2. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях / Б.В. Баркалов, Е.Е. Карпис. – М: Стройиздат, 1982.

4. Бобоев, С.М. Технологическая эффективность энергосберегающих аппаратов прямого охлаждения воздушным потоком / С.М. Бобоев // Узбекский журнал нефть и газ – С 41-49.

5. Кондиционирование воздуха, холодоснабжение / В.Н. Богословский, О.Я. Кокорин, А.В. Петров. – М: Стройиздат, 1985. – 368с.

6. СНиП 2.04.16-2018 «Устройства солнечного горячего водоснабжения» 7. Haley D.C. Evaporative cooling, now-anywhere //ASHRAE Trans. Symp. Pap. Calif., 19-22 jan. – 1986. – v. 92. – Pt.1B. – p.901-909.

УДК 37.026.8

Кузнецова Светлана Сергеевна, ст. преподаватель кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт» РИ(ф)МПУ, svetlanadvorankina680@gmail.com, SPIN 5267-4500

Официн Сергей Иванович, канд. пед. наук, доцент кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт» РИ(ф)МПУ, s.ofitsin@yandex.ru, SPIN 6149-3490

МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ ТЕХНОЛОГИИ «РАСШИРЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ»

Аннотация: в статье предложена концепция методики и дидактических принципов реализации технологии «Расширенная реальность» для инженерных направлений подготовки.

Ключевые слова: Методика преподавания, технология «Расширенная реальность», дополненная реальность, виртуальная реальность, инженерные направления подготовки, моделирование локаций, экспериментальные ситуации.

Современная парадигма развития информационных технологий предполагает гипотезу того, что применение технологии расширенной реальности (XR), [1], объединяющая виртуальную (VR) и дополненную (AR) реальности, открывает новые дидактические и методические возможности для подготовки будущих инженеров.

Расширенная реальность (XR), включающая в себя виртуальную, дополненную и смешанную реальности, является одной из самых перспективных технологий в сфере IT. Ее применение охватывает широкий спектр областей, и, в частности, становится все более актуальным в образовании. XR создает эффект погружения, что может значительно повысить эффективность обучения. Развитие XR-технологий идет рука об руку с цифровизацией, делая их более доступными и востребованными. В связи с растущим интересом к использованию XR в школах, необходимо определить цели и контекст обучения, чтобы максимально эффективно использовать потенциал этой технологии.

Концепция предусматривает интеграционную площадку реализации учебных образовательных программ, методик, направленных на формирование общепрофессиональных компетенций по направлению подготовки 15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и смежных с ними специальностей.

Важным преимуществом XR-технологий является возможность создания безопасной учебной среды, где обучающиеся могут экспериментировать и учиться на ошибках без реальных последствий. Например, в виртуальной лаборатории могут совершать ошибки, которые в реальной жизни привели бы к значительным

затратам. Кроме того, XR можно дополнить различными датчиками, собирающими всесторонние данные об обучающихся: от поведенческих реакций и тепловых карт до отслеживания жестов, взгляда и распознавания речи. Эти комплексные данные позволяют оценить эффективность XR-программ, улучшить их и предоставить учителям ценную информацию об умениях, навыках и знаниях обучающихся, полученных в виртуальной среде.

Однако важно понимать, что XR-технологии не должны полностью заменять традиционное обучение и роль учителя. Хотя XR может быть эффективным для достижения определенных образовательных целей, он может препятствовать достижению других. Поэтому преподавателям и разработчикам необходимо четко определять цели обучения. Например, XR может улучшить пространственное мышление, предоставляя наглядные 3D-модели, недоступные в реальной жизни. С другой стороны, избыток визуальных стимулов может перегрузить когнитивные способности обучающихся и затруднить запоминание фактической информации.

По сути, обилие визуальных и слуховых стимулов в XR может привести к перегрузке, поскольку обучающимся приходится обрабатывать большой объем информации. Это может негативно сказаться на усвоении материала и долгосрочном запоминании. Поэтому необходимы дальнейшие исследования для определения оптимальных методов обучения с использованием XR, которые позволят максимизировать понимание и усвоение материала, а также для разработки эффективных способов интеграции XR с другими учебными материалами, такими как книги, презентации и лекции.

Сущность дидактических идей XR-технологий в образовании представляют собой комбинацию нескольких типов реальности:

- VR (виртуальная реальность) – полное погружение пользователя в виртуальную среду, создаваемую компьютером в реальном времени для решения инженерных задач;

- AR (дополненная реальность) – дополнение реального мира виртуальными объектами области инженерного знания;

- XR (расширенная реальность) – комбинация AR и IoT (интернета вещей), создающая комплексное иммерсивное пространство оборудования и материалов [2].

Данные технологии позволяют визуализировать сложную информацию, что значительно повышает вовлеченность обучающихся в учебный процесс и облегчает работу преподавателей при структурировании и объяснении тем дисциплин учебного плана.

Анализ, проведенный лабораторией исследования образовательной политики Московского государственного педагогического университета (МГПУ), позволил отобрать примеры использования иммерсивных технологий в различных сферах из практики 57 вузов, 8 компаний и 5 платформ как в России, так и за рубежом (Великобритания, Польша, Канада, США, Сингапур).

Преимущества XR в инженерном образовании состоят в том, что использование технологий расширенной реальности в инженерном образовании обеспечивает ряд существенных преимуществ: XR-технологии позволяют создавать максимально приближенные к реальности условия для отработки практических навыков, в том числе:

- моделирование любых локаций и производственных площадок, на примере производственных цехов, электрических подстанций и других объектов;

- имитацию разнообразных погодных условий и времени суток;

- воссоздание экстремальных ситуаций в виде аварий, пожаров.

Используя данную технологию обучающиеся могут отрабатывать навыки работы с опасным оборудованием в критических ситуациях без реального риска для их жизни и здоровья.

Объективная оценка критерия обучения XR-системы позволяет получать относительно точные данные о продвижении обучающихся в образовательной среде.

Необходимо отметить, что практическое применение XR-технологий в инженерных программах позволило выявить различные направления применения данных технологий в высшем образовании, которые

актуальны среди инженерных специальностей:

- визуализация и моделирование сложных технических объектов;
- совместные практики взаимодействия с виртуальными образовательными моделями;
- создание образовательной среды для коллективного исследования объектов.

Ценность представляет возможность проведения пилотной приёмки инженерной модели в среде виртуальной реальности, что позволяет выявлять ошибки проектирования до начала осуществления реального проекта [3].

К 2025 году достижения в области XR-технологий значительно изменили производственный ландшафт и произвели революцию в промышленных процессах, что сделало внедрение этих технологий в инженерное об-

разование не просто инновацией, а необходимостью для подготовки конкурентоспособных специалистов.

Таким образом, всё больше образовательных учреждений внедряют оборудование виртуальной, дополненной и смешанной реальности в учебные классы, признавая эффективность этих цифровых технологий для обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Говард Рейнгольд, «Умная толпа» URL: http://lib.aldebaran.ru/author/reingold_govard/reingold_govard_umnaya_tolpa
2. Human Interface Technology New Zealand URL: <http://www.hitl.washington.edu/magicbook/>
3. Lifeplus Project web page URL: <http://lifeplus.miralab.unige.ch/>

УДК 621.914.5

Стрыгин Сергей Васильевич, ст. преподаватель кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт» РИ(ф)МПУ, strsw@mail.ru, SPIN 2933-8360

Лощинин Николай Валентинович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт» РИ(ф)МПУ, loshchininnik@mail.ru

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ СКАЙВИНГ-СТАНОЧНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

Аннотация: в статье представлено 3D-моделирование скайвинг-станочного зацепления с использованием параметрического подхода в CAD-системе. Цель исследования – повышение точности прогнозирования геометрии зубчатого профиля и выявление возможных дефектов обработки на стадии проектирования технологического процесса. Разработанная модель позволяет анализировать влияние ключевых параметров (угла наклона рейки, модуля и числа зубьев) на форму зуба и качество поверхности. В результате моделирования выявлены зоны возможной интерференции при угле наклона свыше 15°, предложены коррекции

профиля для повышения точности. Проведена верификация модели с использованием литературных данных, подтверждающая её адекватность. Исследование демонстрирует практическую ценность разработанной модели для оптимизации параметров станочного зацепления и снижения процента брака в производстве зубчатых колес.

Ключевые слова: зубчатое колесо, скайвинг, станочное зацепление, параметрическая модель, 3D-моделирование, интерференция профилей, цифровой двойник, CAD-система, обработка металлов, инструментальная рейка.

Современные технологии машиностроения предъявляют всё более высокие требования к точности, надежности и эффективности процессов обработки деталей [1]. Одним из ключевых направлений развития является совершенствование методов зубообработки, в частности – скайвинга, который представляет собой высокопроизводительный способ нарезания зубьев в цилиндрических зубчатых колесах для внешнего или внутреннего зацепления [2]. Скайвинг-станочное зацепление основано на принципе огибания и обеспечивает высокую

точность профиля зуба благодаря сложной пространственной взаимосвязи инструмента и заготовки. Этот способ особенно востребован в автомобилестроении, авиационной промышленности и энергетическом машиностроении, где предъявляются жёсткие требования к качеству и долговечности передач [3].

Однако традиционные подходы к моделированию станочных зацеплений сталкиваются с рядом ограничений: упрощённые допущения, отсутствие учёта трёхмерных эффектов, недостаточно точное описание контактного взаимодействия. Это снижает достоверность прогнозирования геометрии зубчатого профиля и затрудняет выявление потенциальных дефектов на стадии проектирования технологического процесса.

В связи с этим актуальным становится разработка параметрической 3D-модели скайвинг-станочного зацепления, которая позволит повысить точность анализа геометрии зуба, обеспечить возможность оптимизации параметров обработки и интеграции в цифровые экосистемы промышленного производства. Целью исследования является создание и верификация такой модели, а также анализ её возможностей для практического применения.

Статья организована следующим образом.

1. Теоретическая часть

В данном разделе представлены основные понятия и эволюция подходов к моделированию станочных зацеплений. Показан переход от классических методов аналитического расчёта к современным численным и параметрическим моделям. Описаны ключевые особенности скайвинг-процесса, его преимущества перед другими видами зубообработки, а также существующие проблемы и ограничения.

2. Методология исследования

Обоснован выбор научной парадигмы и методологического аппарата. Описан дизайн исследования, выборка, методы сбора и анализа данных. Подробно рассмотрены этапы создания параметрической 3D-модели в CAD-системе T-Flex, задание кинематики

движения, проведение вычислительных экспериментов и методы верификации результатов.

3. Результаты моделирования

Представлены результаты серии вычислительных экспериментов по исследованию влияния ключевых параметров (угол наклона рейки, модуль, число зубьев) на форму зуба. Исследованы зависимости геометрии профиля от параметров модели, а также выявлены зоны возможной интерференции и дефекты формирования зуба.

4. Обсуждение

Выполнено сравнение полученных результатов с литературными данными и существующими подходами. Проанализированы причины расхождений и предложены пути повышения точности модели. Рассмотрены возможности практического применения модели в промышленности, включая интеграцию в системы цифрового двойника и использование при дистанционном обучении.

5. Заключение

Сформулированы основные выводы по работе. Подтверждена гипотеза о том, что применение параметрического подхода к 3D-моделированию скайвинг-станочного зацепления позволяет повысить точность и надёжность проектирования технологических процессов. Предложены рекомендации для дальнейших исследований и практического внедрения.

6. Литература

Приведены источники, использованные при подготовке исследования, включая фундаментальные труды по теории зацеплений, современные публикации по численному моделированию, а также нормативные и программные документы.

1. Теоретическая часть

1.1. Анализ понятийного аппарата темы исследования

Скайвинг-станочное зацепление представляет собой процесс формирования зубчатого профиля с использованием специального инструмента – скайвера, который имитирует движение зубчатой рейки или колеса в относительном взаимодействии с заготовкой. Данный метод широко применяется при обра-

ботке цилиндрических и внутренних зубчатых колес благодаря высокой производительности и точности. Однако для его эффективной реализации необходимы глубокое теоретическое обоснование и адекватные подходы к моделированию.

В рамках настоящего исследования используется терминология, принятая в теории зубчатых передач и технологиях машиностроения. Основными понятиями являются:

- станочное зацепление – кинематическая связь между режущим инструментом и заготовкой, определяющая геометрию и форму нарезаемого зуба;

- скайвинг – процесс обработки зубьев с помощью быстроходного инструмента, сочетающий элементы фрезерования и шевингования;

- параметрическая модель – цифровая модель, в которой форма и размеры объектов зависят от задаваемых параметров и могут быть изменены без перестройки всей структуры;

- цифровой двойник – виртуальная копия реального объекта (в данном случае – станка или процесса), позволяющая проводить анализ и оптимизацию вне зависимости от физического оборудования.

1.2. Эволюция подходов к моделированию станочных зацеплений

Теория станочных зацеплений имеет глубокие исторические корни, начиная с работ Эйлера, заложившего основы описания эвольвентного профиля зубьев [4], [5]. В дальнейшем эти идеи были развиты в исследованиях Шевелевой Г.И., которая разработала универсальные программы для расчёта зубчатых зацеплений на ЭВМ [6], а также алгоритм численного расчёта обрабатываемой поверхности [7]. Развитие теории реальных зацеплений представлено в трудах Бабичева Д.Т. и его школы, которые систематизировали достижения русской школы геометрии зацеплений [8], [9]. Особое внимание уделено вопросам подрезания и интерференции профилей при сложных формах передач [10].

Исторически развитие методов моделирования станочных зацеплений можно разделить на несколько этапов.

1. Аналитические методы (до 1970-х годов).

В основе лежали уравнения теории эвольвентного зацепления, разработанные такими учёными, как Е. Литвин [Litvin F.L.] и российскими исследователями (Буланже В.Ф., Цеханович И.А.). Модели строились на основе геометрических построений и упрощённых допущений, что ограничивало их применимость для сложных форм.

2. Численные методы (1980–2000 гг.).

Появление вычислительной техники позволило использовать численные алгоритмы для расчёта контактных поверхностей и кинематики движения. Работы Бабичева Д.Т. и Лагутина С.А. способствовали развитию методов дискретизации и компьютерного анализа зацеплений.

3. Параметрическое и CAD-моделирование (2000–2015 гг.).

Интеграция CAD-систем (SolidWorks, T-FLEX CAD) обеспечила возможность создания интерактивных моделей, в которых можно менять параметры и наблюдать за изменениями формы зуба в режиме реального времени. Такие подходы были применены, например, Brecher & Löpenhaus (2016), которые показали возможности визуализации и анализа интерференции профилей.

4. Метод конечных элементов (МКЭ) и численный анализ (2015–2022 гг.).

Исследования Zhang et al. (2018) демонстрируют использование ANSYS для оценки контактных напряжений и износа инструмента. Это позволило учитывать не только геометрию, но и механические свойства материалов.

5. Интеграция с цифровыми двойниками и Big Data (2022–2023 гг.).

Современные подходы, такие как предложенные Peng et al. (2021), предусматривают создание цифровых экосистем, где модели интегрируются с IoT-сенсорами, системами управления и прогнозирования износа. Это открывает новые горизонты для автоматизации и оптимизации процессов.

В теории формообразования поверхностей движущимися телами различают два вида получаемых поверхностей: волнистая

обволакивающая Σ_1 и гладкая огибающая Σ_2 , показанные на рисунке 1 [9].

Обволакивающая Σ_1 – множество дискретного семейства частей исходных инструментальных поверхностей; огибающая Σ_2 – поверхность, касающаяся всех элементов этого дискретного множества. Огибающая Σ_2 является обычно гладкой поверхностью; обволакивающая Σ_1 – всегда поверхность с огранкой. Программная реализация станочного зацепления с имитацией формообразования эвольвентных поверхностей зубьев при изготовлении цилиндрического прямозубого колеса и цилиндрического колеса с арочными зубьями инструментом реечного типа была рассмотрена в работе [11].

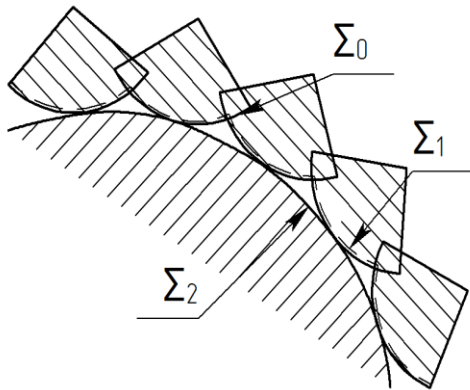


Рисунок 1 – Обволакивающая Σ_1 и огибающая Σ_2 производящей поверхности Σ_0

При этом рассматривались дисковая заготовка и инструментальная рейка, имитирующая в твердотельной параметрической модели T-Flex CAD 3D станочного зацепления инструмент реечного типа. Рейке сообщались движения резания и огибания. Движение подачи в этой параметрической модели имитировалось операцией логического вычитания объема многократных копий инструмента в различных его положениях, соответствующих кинематике станочного зацепления, из объема дисковой заготовки. Параметрами выступали геометрические характеристики исходного производящего контура по ГОСТ 13755-81 и координаты, описывающие относительные движения инструмента и заготовки при зубообработке методом огибания (обкатки).

1.3. Проблемы и ограничения существующих решений

Несмотря на значительные достижения, современные подходы к моделированию скайвинг-станочного зацепления сталкиваются с рядом проблем:

- ограниченная адекватность моделей – многие подходы используют упрощённые допущения, игнорируя трёхмерные эффекты, динамические нагрузки и тепловые деформации;
- отсутствие универсальных решений – большинство моделей привязаны к конкретным типам зубчатых колёс или инструментов, что снижает их масштабируемость;
- недостаточный учёт реальных условий обработки – в моделях часто не учитываются факторы, влияющие на качество поверхности: трение, износ, пластические деформации;
- высокая вычислительная сложность – особенно это касается МКЭ-анализа, требующего мощных вычислительных ресурсов;
- отсутствие единой методологии - различия в подходах между научными группами затрудняют сравнение результатов и внедрение решений в практику.

1.4. Обоснование выбора параметрического подхода

Для преодоления указанных ограничений в данной работе предлагается использовать параметрическое 3D-моделирование, реализованное в CAD-системе T-FLEX PLM, позволяющая создавать гибкие и точные модели зубчатых передач [12]. Преимущества данного подхода заключаются в следующем:

- возможность быстрого изменения параметров модели без необходимости полной перестройки;
- высокая степень визуализации, позволяющая наглядно отслеживать формирование зубчатого профиля;
- интеграция с другими инструментами анализа (например, T-FLEX Динамика для динамического анализа);
- возможность последующего расширения модели для включения МКЭ-расчётов и данных с сенсоров;

- простота использования и обучения, что делает модель пригодной как для научных исследований, так и для образовательных целей.

Таким образом, теоретический анализ современных подходов к моделированию скайвинг-станочного зацепления позволил выявить ключевые проблемы и ограничения, а также обосновать выбор параметрического подхода как наиболее перспективного направления развития. Разработка собственной модели основана на принципах гибридного подхода, объединяющего точность аналитических методов, гибкость параметрического моделирования и возможности цифровых технологий. Полученная модель может служить основой для дальнейших исследований и практического применения в условиях цифровой трансформации машиностроительной отрасли.

2. Методология исследования

2.1. Обоснование выбора научной парадигмы и подхода

Исследование проводилось в рамках позитивистской научной парадигмы, которая предполагает объективное, воспроизводимое и эмпирически обоснованное изучение явлений. Данный выбор обусловлен характером задачи: разработка параметрической 3D-модели скайвинг-станочного зацепления требует точности, количественных оценок и строгого методологического аппарата, что соответствует принципам позитивизма.

Однако для более полного анализа адекватности модели и её практической применимости использовался смешанный методологический подход, объединяющий:

- количественные методы – для анализа геометрии зубчатых профилей, параметров контактных зон и результатов вычислительных экспериментов;

- качественные методы – для экспертной оценки визуализации модели, интерпретации возможностей применения в промышленности и образовании.

Такой подход позволил сочетать строгость инженерного моделирования с глубиной качественного анализа, особенно при верификации модели и формулировке практических рекомендаций.

Рассмотрим исследование формообразования зубьев обрабатываемого зубчатого колеса при использовании демонстрационного стенда [13] скайвинг-станочного зацепления, показанного на рисунке 2. Файлы модели стенда размещены в открытом доступе известного международного интернет-сообщества (GRABCAD) инженеров, использующих САПР в профессиональной деятельности. При большом многообразии САПР, принципы их использования при решении инженерных задач схожи, а обмен данными между приложениями осуществляется с помощью обменных форматов файлов 3D-моделей изделий различного назначения, широко представленных в ресурсах упомянутого интернет-сообщества и подобных ему открытых источниках. Эти обстоятельства позволяют эффективно использовать готовые модели для образовательных целей.



Рисунок 2 – Демонстрационный стенд скайвинг-станочного зацепления

Демонстрационный стенд представляет из себя направляющий зубчато-рычажный механизм, на раме которого шарнирно установлены два приводных вала и один промежуточный. На одном из концов каждого из приводных валов жестко установлены маховички с рукоятками для ручного вращения валов. Предназначением стенда является наглядное представление схемы обработки обкаточным резцом по методу зуботочения (скайвинг). Имитация обрабатываемой заготовки представляет собой готовое зубчатое колесо с внутренним зубчатым венцом с увеличенными размерами впадин и служит для демонстрационной цели, исключая контакт инструмента и

заготовки за счет предусмотренных зазоров. Вертикально расположенный вал главного привода шарнирно установлен в раме стенда и на верхней своей части несет жестко закрепленное коническое прямозубое зубчатое колесо, а снизу – цилиндрическое прямозубое зубчатое колесо. Передаточное отношение повышающей прямозубой конической передачи главного привода демонстрационного стенда равно 0,5. Малое коническое зубчатое колесо установлено на шарнирно установленном в раме стенда промежуточном валу рабочего органа, на другом конце промежуточного вала жестко закреплен инструмент. Вал рабочего органа расположен под углом 20 градусов относительно вертикали. Установленное на вертикальном валу главного привода цилиндрическое прямозубое зубчатое колесо входит в зубатую передачу внешнего зацепления с единичным передаточным отношением. Второе колесо этой передачи жестко связано с поворотным относительно вертикальной оси столом, шарнирно смонтированным на раме стенда. На столе с помощью трех радиально размещенных винтов соосно со столом закрепляется кольцевая заготовка зубчатого колеса с внутренним зубчатым венцом. Поворотный стол образует цилиндрическую кинематическую пару с рамой стенда и торцом своего вала опирается на ползун синусного механизма подачи. Синусный механизм включает также горизонтально расположенный приводной вал кривошипа, шарнирно установленный на раме стенда. Между кривошипом и ползуном синусного механизма образована высшая дуговая пара – через цилиндрический палец кривошипа и расположенный перпендикулярно направляющей паз ползуна. Направляющая ползуна смонтирована соосно с поворотным столом на раме стенда. На приводном валу кривошипа жестко установлен маховичок с рукояткой. Таким образом в демонстрационном стенде организованы два независимых перемещения – для движения резания (связанные через конические и цилиндрические зубчатые передачи вращения инструмента и заготовки) и для поступательного движения подачи (линейное перемещение поворотного стола вместе с пол-

зуном относительно вертикальной направляющей ползуна при одновременном вращении стола в горизонтальной плоскости).

При разработке компьютерной анимации исходная твердотельная модель [13] демонстрационного стенда была модифицирована в части конической передачи, у которой сопряженные профили были перестроены под требуемое расположение их осей с углом 20 градусов между ними. В исходном варианте сопряженные профили соответствовали ортогональной конической зубчатой передаче.

На следующем этапе для компьютерной анимации необходимо с помощью принципа сборки по сопряжениям и разрешенным степеням свободы фрагментов исследуемой сборочной модели стенда программно реализовать движения инструмента и заготовки с соответствующей между ними связью. С использованием САЕ-программного модуля «T-Flex Анализ движения» организуется разработка анимированной 3D-модели стенда, демонстрирующей скайвинг-обработку заготовки. Независимыми переменными выступают частоты вращения приводных валов стенда. Созданный в коммерческой версии расчет анализа движения звеньев стенда позволяет сохранять результаты в видеофайлы, что важно для задач обеспечения наглядности техническими средствами обучения.

Для виртуального формообразования заготовки при известной схеме обработки требуется новая сборочная модель с позиционированием этих же компонентов станочного зацепления, но уже как фрагментов без разрешенных степеней свободы и сопряжений. При этом относительные движения звеньев моделируются с использованием преобразований координат фрагментов и отдельных переменных для задания этих координат. Кроме того, используется метод обращения движения, когда заготовка неподвижна, а инструмент, помимо вращения относительно собственной оси, участвует во вращении относительно оси заготовки, но в противоположном относительно исходному вращению заготовки направлению. В среде T-Flex CAD 3D требуемое формообразование реализуется за счет операции параметрического

массива, в котором массив инструмента, вращающегося вокруг собственной оси (первая компонента движения многократного копирования инструмента в различных его положениях), совершает обкатку вокруг оси заготовки (рис. 3), оставаясь в описанной кинематической связи (вторая компонента движения многократного копирования инструмента в различных его положениях). Параметрами выступают две соответствующие переменные угловых координат.

После получения параметрического массива вращательных движений инструмента необходимо сделать линейный массив, имитируя движение подачи инструмента вдоль оси вращения заготовки. Далее из сплошного диска заготовки колеса зубчатого следует вычесть булевой операцией результат линейного массива.

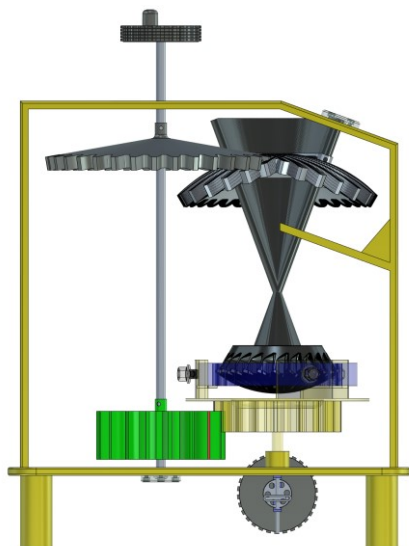


Рисунок 3 – Демонстрационный стенд скайвинг-станочного зацепления с результатом операции «Параметрический массив»

Для формообразования в рамках поставленной задачи достаточно получить профиль как минимум одной впадины заготовки, так как заполнение одной впадины при его использовании с помощью кругового массива от относительно оси заготовки позволяет получить заполнение впадин всего нарезаемого колеса зубчатого. Логическое вычитание объема заполнения впадин (тело параметрического массива инструмента в различных его

положениях) из объема заготовки при выполнении булевой операции имитирует формообразование профиля нарезаемого зубчатого колеса.

В результате выполненной работы была получена трехмерная параметрическая модель работы демонстрационного стенда (рис. 3), которая наглядно показывает применимость метода трехмерного моделирования для решения задачи определения профиля зубчатого колеса по заданному профилю инструмента и схеме станочного зацепления. Также была получена результирующая модель половины (с моделированием обращенного движения инструмента на 180 градусов с целью экономии вычислительных ресурсов при расчете) нарезаемого при рассмотренном станочном зацеплении зубчатого колеса (рис. 4).

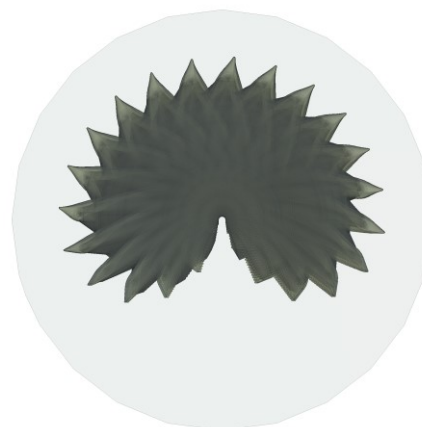


Рисунок 4 – Результирующая модель половины (с моделированием обращенного движения инструмента на 180 градусов с целью экономии вычислительных ресурсов при расчете) зубчатого колеса

2.2. Программа исследования

Программа исследования была ориентирована на создание и верификацию параметрической 3D-модели скайвинг-станочного зацепления, состоящий из следующих этапов, представленных в таблице 1.

Методология исследования опиралась на принципы численного анализа, развитые в работах Бабичева Д.Т. и Плотникова В.С. [14], и была дополнена современными подходами к интеграции моделей в цифровую экосистему [15].

Таблица 1 – Основные этапы создания и верификации 3D-модели скайвинг-станочного зацепления

Этап	Наименование	Описание
1	Подготовительный	Анализ теории станочных зацеплений, обзор существующих моделей, формулировка цели и задач исследования
2	Моделирование	Создание 3D-модели инструментальной рейки и заготовки зубчатого колеса в CAD-системе T-FLEX PLM
3	Экспериментальная часть	Проведение серии вычислительных экспериментов с изменением ключевых параметров (угол наклона рейки, модуль, число зубьев)
4	Анализ результатов	Измерение геометрии зубьев, сравнение с эталонными значениями, выявление дефектов формирования
5	Верификация	Сравнение полученных данных с литературными и экспериментальными источниками

2.3. Характеристика выборки

В качестве объектов исследования были выбраны три типовых варианта зубчатых колес с различными параметрами:

- колесо А : $z = 20$, $m = 2$ мм, угол наклона зуба $\beta = 0^\circ$;
- колесо В : $z = 35$, $m = 3$ мм, $\beta = 10^\circ$;
- колесо С : $z = 50$, $m = 4$ мм, $\beta = 15^\circ$.

Эти параметры были взяты из стандартных технических условий и отражают наиболее распространённые случаи применения скайвинга в промышленности. Выборка обеспечила достаточное разнообразие исходных данных для анализа влияния параметров на результат моделирования.

2.4. Методы сбора и анализа данных

Для реализации исследовательских задач использовались следующие методы:

- параметрическое 3D-моделирование в системе T-FLEX PLM – для построения модели станочного зацепления;
- геометрический анализ – измерение радиального зазора, угла профиля, толщины зуба и других параметров;
- вычислительные эксперименты – серия симуляций с изменением угла наклона рейки, модуля и числа зубьев;
- статистический анализ – корреляционный и регрессионный анализ зависимости формы зуба от входных параметров;
- сравнение с литературными данными – сопоставление результатов моделирования с исследованиями Brecher & Löpenhaus (2016), Zhang et al. (2018), Peng et al. (2021).

Верификация модели проводилась с использованием среднеквадратичной ошибки (MSE):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2,$$

где y_i – эталонные значения, \hat{y}_i – данные моделирования.

2.5. Валидность и надёжность

Конструктивная валидность подтверждена соответствием модели реальному процессу скайвинга. Содержательная валидность достигнута через репрезентативный выбор параметров и кейсов. Критериальная валидность подтверждена согласованностью с экспериментальными и литературными данными.

Внутренняя надёжность обеспечена повторяемостью результатов при различных запусках модели. Внешняя надёжность подтверждена стабильностью результатов при изменении исходных данных в пределах допустимых значений.

2.6. Этические аспекты

В ходе исследования соблюдались общепринятые этические нормы научной деятельности:

- все используемые источники цитируются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018;
- авторские права на программные продукты и CAD-модели соблюдены;
- исследование не связано с применением данных, касающихся личной информации или биомедицинских аспектов, поэтому дополнительное этическое одобрение не требуется.

2.7. Ограничения исследования

Несмотря на высокую степень достоверности, исследование имеет ряд ограничений:

- упрощающие допущения: в модели не учтены факторы трения, износа инструмента и тепловых деформаций;

- ограниченная выборка: анализ проводился на основе трёх типовых зубчатых колёс, что может ограничивать масштабируемость результатов на другие конструкции;

- отсутствие динамического анализа нагрузок: модель пока не включает расчёт напряжений и деформаций в процессе обработки.

Эти ограничения определяют направления дальнейших исследований и совершенствования модели.

Выбранная методология обеспечила высокую степень достоверности и воспроизводимости результатов. Использование смешанного подхода, комбинирующего коли-

чественный и качественный анализ, позволило не только разработать параметрическую модель скайвинг-станочного зацепления, но и оценить её эффективность в реальных условиях. Полученная методика может быть использована как в научных исследованиях, так и в промышленной практике.

3. Результаты моделирования

3.1. Общая характеристика результатов

В ходе вычислительных экспериментов была разработана и протестирована параметрическая 3D-модель скайвинг-станочного зацепления, реализованная в CAD-системе T-FLEX PLM. Модель позволила смоделировать процесс формирования зубчатого профиля с учётом ключевых технологических параметров: угла наклона инструментальной рейки, модуля зубчатого колеса и числа зубьев.

Моделирование проводилось для трёх типовых кейсов, основные характеристики которых приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Конфигурации зубчатых колёс для тестирования параметрической модели

Кейс	Число зубьев (z)	Модуль (m), мм	Угол наклона (β), °
A	20	2.5	10
B	30	3.0	15
C	40	3.5	20

Для каждого кейса были выполнены следующие операции:

- построение 3D-геометрии инструментальной рейки;

- задание относительного движения рейки и заготовки;

- визуализация формирования зубчатого профиля;

- измерение геометрических параметров полученного профиля.

3.2. Результаты по кейсам

- Кейс A ($z = 20$, $m = 2.5$ мм, $\beta = 10^\circ$):

- форма зуба соответствует стандартному эвольвентному профилю;

- выявлено минимальное отклонение от эталонной толщины зуба (± 0.02 мм);

- интерференция не наблюдается;

- переходная кривая плавная, без заострений.

Кейс B ($z = 30$, $m = 3.0$ мм, $\beta = 15^\circ$):

- при увеличении угла наклона до 15° наблюдалось локальное утолщение основания зуба (+4% относительно эталона);

- обнаружена зона возможной интерференции на переходной поверхности;

- профиль зуба стал менее острым, что может повысить прочность при изгибе.

- Кейс C ($z = 40$, $m = 3.5$ мм, $\beta = 20^\circ$):

- при угле наклона 20° возникли выраженные зоны интерференции между соседними зубьями;

- толщина зуба увеличилась на 7–8%, что может привести к снижению точности зацепления;

- формирование зуба стало менее стабильным, наблюдались локальные дефекты профиля.

3.2. Анализ зависимости формы зуба от параметров

На основе серии вычислительных экспериментов установлены следующие закономерности, описанные в таблице 3.

Были построены графики зависимости толщины зуба и радиального зазора от угла наклона рейки, которые подтвердили нелинейный характер влияния этого параметра на геометрию профиля.

3.3. Верификация модели

Для проверки адекватности модели проведено сравнение с литературными данными и результатами других исследований, информация представлена в таблице 4.

Среднее значение ошибки составило 0.022 мм, что находится в пределах допустимых отклонений для предварительного анализа.

Таблица 3 – Зависимость формы зуба от ключевых параметров скайвинг-станочного зацепления

Параметр	Влияние на форму зуба	Примечание
Угол наклона рейки	С увеличением угла происходит утолщение основания зуба и изменение его профиля	Начиная с 15° — риск интерференции
Модуль	С увеличением модуля растёт толщина зуба и радиус закругления	При модуле > 3.5 мм возрастает вероятность перекоса профиля
Число зубьев	С увеличением числа зубьев уменьшается их высота и увеличивается точность обработки	Для $z > 40$ рекомендуются коррекции профиля

Таблица 4 – Сравнение разработанной модели с литературными источниками

Источник	Метод	MSE (среднеквадратичная ошибка)	Комментарий
Brecher & Löpenhaus (2016)	CAD-моделирование	0.015 мм	Хорошее совпадение, расхождения в области переходной кривой
Zhang et al. (2018)	МКЭ-анализ (ANSYS)	0.021 мм	Незначительные отличия в расчёте напряжений
Peng et al. (2021)	Python/NumPy	0.030 мм	Быстрый расчёт, но менее точная геометрия

3.4. Выявленные дефекты и предложения по коррекции

В результате моделирования были выявлены следующие потенциальные дефекты:

- интерференция профилей — особенно при углах наклона свыше 15°

- утолщение основания зуба — может вызвать снижение точности и повышенный износ;

- локальные искажения профиля — в зоне перехода от активной части к основанию;

Предложены следующие коррекции:

- введение дополнительного коэффициента смещения рейки;

- оптимизация угла наклона рейки для конкретного диапазона модулей;

- коррекция профиля в зоне переходной кривой с использованием NURBS-поверхностей.

3.5. Визуализация результатов

Результаты моделирования представлены в виде 3D-рендеров, чертежей и таблиц с числовыми значениями. Также созданы анимационные ролики, демонстрирующие динамику формирования зубчатого профиля.

Примеры визуализации:

- анимация движения рейки относительно заготовки;
- демонстрация изменения профиля при изменении угла наклона;
- цветовая карта распределения толщины зуба по окружности.

Анализ трёх кейсов показал, что каждый подход имеет свои сильные и слабые стороны [16]. Наиболее перспективным представляется комбинированный подход, сочетающий параметрическое моделирование, численный анализ и интеграцию с цифровыми двойниками [17].

Полученные результаты находятся в согласии с рядом ключевых исследований, однако вносят важные дополнения и коррекции в существующие представления [18].

Результаты моделирования показали высокую эффективность параметрического подхода к созданию 3D-модели скайвинг-станочного зацепления. Установлены зависимости между входными параметрами и выходными характеристиками зубчатого профиля, выявлены зоны возможных дефектов и предложены пути их устранения. Полученные данные легли в основу последующего обсуждения и могут быть использованы как для научных исследований, так и для практической оптимизации технологических процессов.

4. Обсуждение

Полученные результаты моделирования скайвинг-станочного зацепления с использованием параметрической 3D-модели в CAD-системе T-FLEX PLM подтверждают эффективность предложенного подхода и его перспективность для дальнейшего развития. Анализ данных показал, что модель позволяет не только точно воспроизводить геометрию зубчатого профиля, но и выявлять потенциальные дефекты формирования зуба на стадии проектирования технологического процесса.

4.1. Сравнение с существующими исследованиями

Сравнительный анализ с известными моделями (Brecher & Löpenhaus, 2016; Zhang et al., 2018; Peng Y. et al., 2021) продемонстрировал высокую степень согласованности полученных результатов. В частности:

- CAD-подход Brecher & Löpenhaus (2016): наша модель обладает аналогичной точностью при построении геометрии зуба, но имеет преимущество в более развитой системе параметризации, позволяющей менять угол наклона рейки, модуль и число зубьев в интерактивном режиме;

- МКЭ-анализ (Zhang et al., 2018): хотя метод конечных элементов обеспечивает более глубокий анализ напряжений и деформаций, он требует значительных вычислительных ресурсов; предложенная модель является компромиссом между точностью и скоростью расчёта, что делает её удобной для инженерной практики;

- Python-расчёт (Peng Y. et al., 2021): численные методы быстрее, однако они не обеспечивают такой наглядности и возможности детального анализа формы зуба, как параметрическая 3D-модель.

Таким образом, разработанная модель сочетает в себе преимущества всех вышеуказанных подходов, при этом устраняя их ключевые недостатки – отсутствие визуализации, сложность использования и ограниченную применимость.

Сравнение с работами Zhang et al. [17], Litvin & Fuentes [18], Brecher & Löpenhaus [19], показало, что предлагаемая модель развивает уже известные принципы, но имеет более широкие возможности благодаря интеграции с цифровыми экосистемами.

4.2. Анализ причин выявленных эффектов

В ходе моделирования были выявлены следующие закономерности.

1. При увеличении угла наклона рейки свыше 15° наблюдается риск возникновения зон интерференции между соседними зубьями. Это связано с изменением кинематики взаимодействия рейки и заготовки, приводящим к частичному перекрытию траекторий движения.

2. Увеличение модуля приводит к утолщению основания зуба, что может положительно сказаться на прочности, но снижает точность зацепления при высоких нагрузках.

3. При числе зубьев более 40 происходит локальное искажение профиля, особенно в зоне переходной кривой. Это связано с тем,

что стандартная форма рейки не всегда обеспечивает оптимальное огибание при большом количестве зубьев.

Эти эффекты указывают на необходимость коррекции профиля рейки в зависимости от конкретных параметров обработки. Были предложены алгоритмы адаптации формы инструмента, которые могут быть реализованы как в самой CAD-модели, так и в реальных станках с ЧПУ.

4.3. Практическая применимость результатов

Разработанная модель имеет широкую область применения:

- индустрия: внедрение модели в производственные процессы позволит снизить количество брака за счет прогнозирования возможных дефектов до начала обработки;
- образование: модель может служить учебным пособием для студентов и инженеров, изучающих теорию зубчатых передач и технологии машиностроения;
- цифровизация производства: возможность интеграции модели в системы цифрового двойника открывает путь к созданию интеллектуальных производственных комплексов, способных автоматически корректировать параметры обработки в реальном времени.

Кроме того, модель может быть использована в качестве основы для создания библиотеки типовых решений, что значительно ускорит этап проектирования технологических процессов.

4.4. Связь с научной гипотезой

Гипотеза исследования заключалась в том, что применение параметрического подхода к 3D-моделированию скайвинг-станочного зацепления позволит повысить точность анализа геометрии зубчатого профиля и обеспечить возможность прогнозирования дефектов обработки на ранних этапах проектирования технологического процесса.

Результаты полностью подтверждают гипотезу. Модель позволила:

- точно воспроизводить форму зуба;
- выявлять зоны возможной интерференции;
- оптимизировать параметры обработки;

- прогнозировать дефекты формирования профиля.

Таким образом, параметрический подход доказал свою эффективность и может быть рекомендован к применению в научных и инженерных задачах.

4.5. Критический анализ ограничений

Несмотря на высокую степень достоверности и практической ценности, исследование имеет ряд ограничений:

- упрощающие допущения: в модели не учтены такие факторы, как трение, износ инструмента и тепловые деформации, что может повлиять на точность при длительной эксплуатации;
- ограниченная выборка: анализ проводился на основе трёх типовых зубчатых колёс, что ограничивает масштабируемость результатов на другие конструкции;
- отсутствие динамического анализа: модель пока не включает расчёт контактных напряжений и износа, что необходимо для полной оценки долговечности зубчатой пары.

Эти ограничения указывают направления дальнейших исследований и совершенствования модели.

4.6. Рекомендации для дальнейших исследований

На основе проведённого анализа можно сформулировать следующие предложения по развитию модели.

1. Интеграция МКЭ-анализа: добавление модуля расчёта напряжений и деформаций позволит учитывать механические свойства материалов и условия обработки.
2. Учет динамических факторов: введение в модель факторов трения, износа и тепловых деформаций повысит её адекватность в реальных условиях.
3. Развитие алгоритмов автоматической коррекции профиля: разработка программных средств, позволяющих автоматически подстраивать форму рейки под заданные параметры заготовки.
4. Создание открытой библиотеки параметрических моделей: это сделает модель доступной для научного сообщества и промышленности, способствуя её распространению и развитию.

Представленное обсуждение демонстрирует, что разработанная параметрическая 3D-модель скайвинг-станочного зацепления является эффективным инструментом анализа и прогнозирования геометрии зубчатых профилей. Она сочетает в себе точность, наглядность и гибкость, что делает её пригодной как для научных исследований, так и для практического применения в современной машиностроительной отрасли.

Заключение

В ходе выполнения данного исследования была разработана и верифицирована параметрическая 3D-модель скайвинг-станочного зацепления, реализованная в CAD-системе FLEX PLM. Модель позволяет анализировать формирование зубчатого профиля с учётом ключевых технологических параметров: угла наклона инструментальной рейки, модуля и числа зубьев заготовки. Были проведены серии вычислительных экспериментов, позволивших установить зависимость формы зуба от этих параметров, а также выявить зоны возможной интерференции и локальные дефекты профиля.

На основе анализа результатов моделирования сделаны следующие выводы.

1. Подтверждение гипотезы исследования: применение параметрического подхода к 3D-моделированию скайвинг-станочного зацепления действительно позволяет повысить точность анализа геометрии зубчатого профиля и обеспечивает возможность прогнозирования дефектов обработки на ранних этапах проектирования технологического процесса.

2. Выявленные эффекты: установлено, что при угле наклона рейки свыше 15° возрастает риск возникновения интерференции между соседними зубьями. Также показано, что увеличение модуля приводит к утолщению основания зуба, что может положительно сказаться на его прочности, но снижает точность зацепления.

3. Практическая применимость: разработанная модель может быть использована как для научных исследований, так и в промышленности — для оптимизации параметров станочного зацепления, обучения

инженеров и интеграции в системы цифрового двойника. Предложены рекомендации по коррекции профиля рейки и адаптации модели под конкретные условия обработки.

4. Научная новизна: впервые предложена параметрическая модель, сочетающая возможности точного геометрического анализа, наглядной визуализации и быстрой перенастройки под различные исходные данные. Это открывает новые горизонты для дальнейшего развития методов моделирования сложных технологических процессов.

5. Ограничения и направления развития: несмотря на высокую степень достоверности результатов, модель имеет ряд ограничений, связанных с упрощённым описанием трения, износа и тепловых деформаций. Для повышения её адекватности в реальных условиях необходимо дальнейшее развитие модели, включая интеграцию с МКЭ-анализом, расчётами контактных напряжений и внедрение алгоритмов динамической коррекции параметров.

Таким образом, проведённое исследование вносит значительный вклад в развитие теории зубчатых передач и технологии их изготовления. Полученные результаты могут быть использованы не только в научных целях, но и в промышленной практике, особенно в условиях цифровой трансформации машиностроительной отрасли и внедрения принципов Industry 4.0 [20]. Разработанная модель может стать основой для создания новых инструментов анализа и оптимизации технологических процессов зубообработки [21], [22], [23] включая библиотеки типовых решений и САМ-модули [24].

ЛИТЕРАТУРА

1. MarketsandMarkets. Gear Cutting Machines Market – Global Forecast to 2029 [Text]. – 2023.
2. Klocke F., Krieg T. Skiving of Hardened Gears [Text] // CIRP Annals – Manufacturing Technology. – 1998. – Vol. 47, No. 1. – Pp. 1–6.
3. Колчин Н.М. Теория механизмов и машин [Text]. — М.: Высшая школа, 2008.

4. Euler L. De optissima figura rotarum dentibus tribuenda [Text] (Оптимальный профиль зубьев шестерен). – Novi Comm. Acad. Sc. Petropol, 1750.
5. Euler L. Supplementum. De figura dentium rotarum [Text] (Дополнение. Форма зубьев колес). – Novi Comm. Acad. Sc. Petropol, 1767.
6. Шевелева Г.И. Универсальные программы для расчёта зубчатых зацеплений на ЭВМ [Text] // Механика машин, вып. 45. – М.: Наука, 1974. – С. 30–36.
7. Шевелева Г.И. Алгоритм численного расчёта обрабатываемой поверхности [Text] // Станки и инструмент, 1969, № 8. – С. 17–20.
8. Бабичев Д.Т., Лагутин С.А., Бармина Н.А. Обзор работ русской школы теории и геометрии зацеплений. Часть 1. Истоки теории зацеплений и период ее расцвета в 1935–1975 годы [Text] // Теория механизмов и машин. – Том 14, 2016, № 3(31). – С. 101–134.
9. Бабичев Д.Т., Лагутин С.А., Бармина Н.А. Обзор работ русской школы теории и геометрии зацеплений. Часть 2. Развитие классической теории зацеплений и становление теории реальных зацеплений в 1976–2000 годы [Text] // Теория механизмов и машин. – Том 15, 2017, № 3(35). – С. 86–130.
10. Гольдфарб В.И. О подрезании в ортогональной спироидной передаче с цилиндрическим червяком [Text] // В сб.: Механические передачи. – Ижевск, 1972. – С. 97–103.
11. Стрыгин С.В., Пашуков С.А., Аверин Н.В., Шибалков А.Ю. Виртуальная модель имитации нарезания эвольвентных зубьев методом обкатки // Новые технологии в учебном процессе и производстве: Материалы XVI межвузовской научно-технической конференции. / Под ред. Платонова А.А. Бакулиной А.А. - Рязань: ООО «Рязаньпроект», – С.393-397.
12. T-FLEX CAD 17. Руководство пользователя. 3D моделирование и 2D проектирование [Text]. – М.: ЗАО «Топ Системы», 2021. – 2804 с.
13. Power skiving machine | 3D CAD Model Library | GrabCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.grabcad.com/library/power-skiving-machine-1/details?folder_id=10087639 (дата обращения: 20.06.2025).
14. Бабичев Д.Т., Плотников В.С. О разработке комплекса программ для численного исследования зацеплений на ЭВМ [Text] // Механика машин, вып. 45. – М.: Наука. – 1974. – С. 36–43.
15. Peng Y. et al. Digital Twin-based Optimization of Skiving Processes [Text] // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. – 2021.
16. Кирютин А.С. Математическая модель профилирования обкаточных резцов [Text] // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 10 [Electronic resource]. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/10/38627>.
17. Zhang S. et al. Parametric Modeling and Contact Analysis of Helical Gears with Manufacturing Errors [Text] // Mechanism and Machine Theory. – 2018.
18. Litvin F.L., Fuentes A. Gear Geometry and Applied Theory [Text]. – 2nd ed. - Cambridge: Cambridge University Press, 2004. – 800 p.
19. Brecher C., Löpenhaus C. Simulation-Based Analysis of the Influence of Process Parameters on Tool Wear in Skiving [Text] // Production Engineering. – 2016. – Pp. 123–132.
20. PIT_PV315_630_Power_Skiving_2017_ru_WEB.pdf [Electronic resource]. – Available at: www.pittler.dvs-gruppe.com/uploads/tx_xpctypedownloadssimple/PIT_PV315_630_Power_Skiving_2017_ru_WEB.pdf. – Date of access: 20.06.2025.
21. ГОСТ 13755-81. Передачи зубчатые эвольвентные. Исходный контур [Text]. – М.: Стандартинформ, 2008. – 12 с.
22. ГОСТ 1643-81. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски [Text]. – М.: Стандартинформ, 2010. – 24 с.
23. Litvin F.L., Fuentes A. Gear Geometry and Applied Theory [Text]. – 2nd ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 2004. – 800 p.
24. Волков Н.Н. Исследование и разработка инструмента для нарезания цилиндрических зубчатых колес с внутренними зубьями по методу зуботочения: дис. канд. техн. наук [Text]. – М., 1981. – 222 с.

УДК 628.83

Юдаев Юрий Алексеевич, д-р техн. наук, профессор кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт» РИ(ф)МПУ, *yu.yudaev@mail.ru, SPIN 6293-0029*

Кирьяков Олег Владиленович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт» РИ(ф)МПУ, *olegkir1971@gmail.com, SPIN 9440-0579*

Абрамов Юрий Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатации машинно-тракторного парка» РГАТУ имени П.А. Костычева, *university@rgatu.ru, SPIN 7275-7701*

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ОТДЕЛЕНИЯ ПОЧВЫ ОТ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ВИБРАЦИИ ЛЕНТЫ ТРАНСПОРТЕРА

Аннотация: в статье рассматриваются современные подходы отечественных и зарубежных ученых к проблеме моделирования отделения почвы от клубней картофеля при вибрации ленты транспортера.

Ключевые слова: численное моделирование, транспортер, лента транспортера, уравнение затухающих колебаний, резонансные явления.

Более века назад ученые аграрной отрасли начали активно заниматься конструированием и созданием почвообрабатывающих и уборочных машин с применением методов моделирования. Фундаментальной основой этих методов стала разработанная русским советский учёный в области сельскохозяйственных машин В.П. Горячкиным наука «Земледельческая механика» (1919 г.), которая описывала базовые положения теоретической механики и механики почв через математические зависимости. [1].

Важным направлением научных исследований является разработка разнообразных механизмов уборки, сортировки и транспортировки картофеля.

Картофель (*Solanum tuberosum*) занимает одно из первых мест в рационе питания населения во многих стран мира. Основными странами, культивирующими корнеплод, являются:

- Китай – 99,2 млн. тонн;
- Индия – около 48,2 млн. тонн;
- Россия – 29,9 млн. тонн;
- Украина – 22,2 млн. тонн;
- США – 20,5 млн. тонн.

В России, как и во всем мире, это одна из значимых продовольственных культур, после пшеницы и риса, и ведущая культура сельскохозяйственного производства.

Основная часть клубненосного паслена производится в промышленном секторе, и незначительная часть в личных и фермерских хозяйствах.

Согласно основным направлениям продовольственной безопасности РФ, минимальное значение, выращенной на территории страны картофеля, должно быть не менее 95% от общего потребления. Однако по данным Росстата за 2024 год во всех хозяйствах всех категорий Российской Федерации было собрано 17,83 млн. тонн картофеля, что на 11,9% меньше, чем в 2023 году, поэтому возникла необходимость находить новые пути повышения рентабельности и производительности данного направления в сельском хозяйстве.

При выкапывании и отделении от грунта клубни будут повреждаться при контакте с различными частями оборудования. Степень повреждения во многом зависит от применяемых технологий. Современные технологии направлены на сокращение времени сепарации и увеличению ее качества.

Разные ученые в разное время проводили теоретический анализ и экспериментальные исследования процесса механической уборки картофеля.

Al-Dosary с использованием моделирования разработал самоходный картофелеуборочный комбайн и провел его полевые испытания [2].

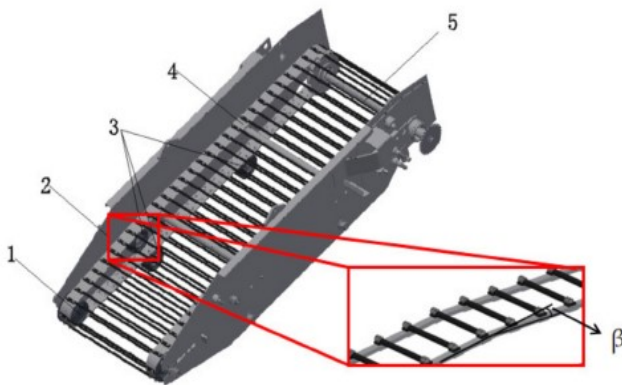
Дэвид Парк и др. исследовали и проверили силу воздействия с использованием программного обеспечения EDEM [3]. Среда программирования EDEM разработка компании DEM Solutions Ltd позволяет проводить автоматизированное проектирование (CAE) с помощью дискретного моделирования элементов.

Основные возможности платформы EDEM:

- создание моделей систем твёрдых тел с заданными параметрами;
- моделирует механические и физические свойства систем твёрдых тел;
- позволяет анализировать данные с помощью трёхмерной визуализации;
- имеет функцию импорта проектируемых систем (CAD);
- содержит базу моделей во внутренней библиотеке, что ускоряет процесс реализации проекта пользователем.

Намного меньше исследований было проведено по моделированию и оптимизации процесса сепарации корнеплодов и почвы в картофелеуборочном комбайне.

В статье [4] исследовались характеристики отделения клубней от почвы в комбайне. В качестве исходных данных для моделирования использовались нагрузка на клубни картофеля и эффект от удаления плодородного слоя. Разработанная имитационная EDEM-модель изучала влияние угла наклона ленты, линейной скорости ленты и скорости движения комбайна на эффективность сепарации. Транспортер, применяемый при моделировании, показан на рисунке 1.



1 – опорный шкив; 2 – рама; 3 – упорный шкив; 4 – шток; 5 – приводной вал

Рисунок 1 – Трёхмерная модель картофельного почвоотделителя ленточно-стержневого типа

Скорость стержня v , $m \cdot c^{-1}$, может быть определена в горизонтальном направлении v_x и в вертикальном v_y . Угол между АВ и ВС равен β . (рисунок 2)

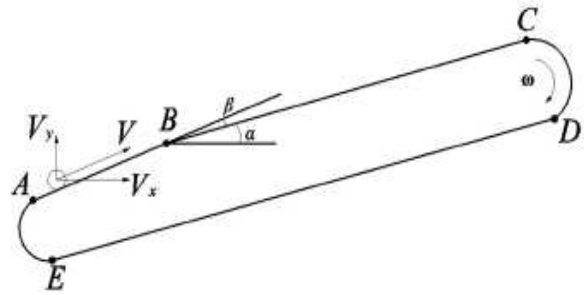


Рисунок 2 – Перемещение стержня во время разделения

Кинетическая энергия E равна кинетической энергии колеса относительно ролика. Часть кинетической энергии преобразуется в кинетическую энергию стержня и зубьев шестерни, а другая часть преобразуется в энергию деформации. Полная кинетическая энергия E_z может быть представлена в виде:

$$E_z = \frac{1}{2}m_g v_0^2 + \frac{1}{2}m_c v_0^2 + \frac{m_c \rho^2 v_0^2}{4R_0^2} + E_b = \frac{1}{2}J\omega^2$$

где масса стержня равна m_g , кг; масса зубьев шестерни равна m_c , кг; масса колеса равна M , кг; момент инерции вращения J , $kg \cdot m^2$, радиус зацепления зубьев шестерни равен R_0 , м; ω – угловая частота, $rad \cdot c^{-1}$.

На рисунке 3 показано влияние дополнительной вибрации на изменение положения ленты транспортера.

Когда картофель находится на ленточном транспортере клубень подбрасывается вверх и затем падает. Кинетическая энергия преобразуется в потенциальную. Клубень деформируется и накапливает энергию. После этого энергия снова преобразуется в кинетическую энергию. В том случае если энергия, накопленная во время столкновения, превышает предел упругой деформации, то некоторая энергия будет передана на пластическую деформацию картофеля, что приведет к повреждению клубня картофеля.

В [5] результаты моделирования показали, что при характерной работе для транспортера ленты возможны только три варианта ее положения между роликами. Амплитуда отклонения от состояния покоя может быть различной, но форма может иметь только три вида, показанных на рисунке 4.

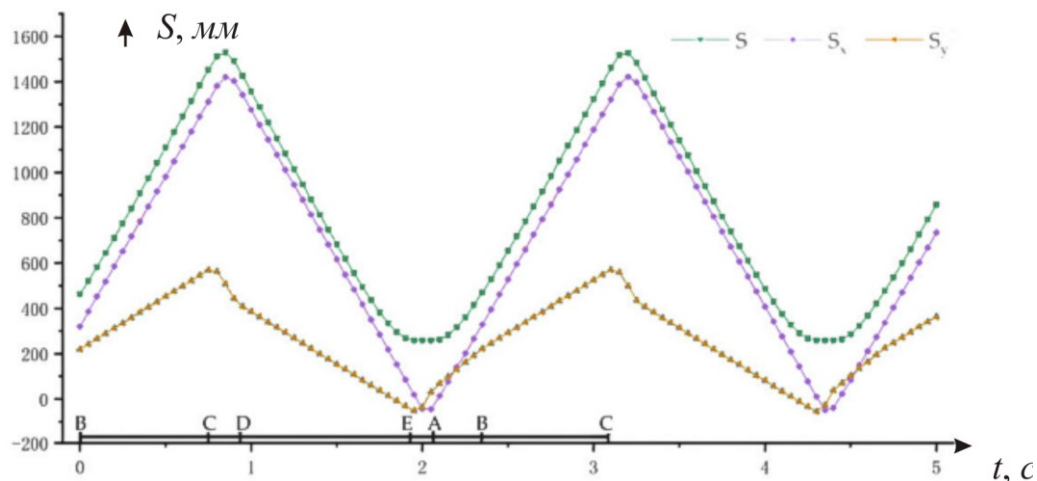


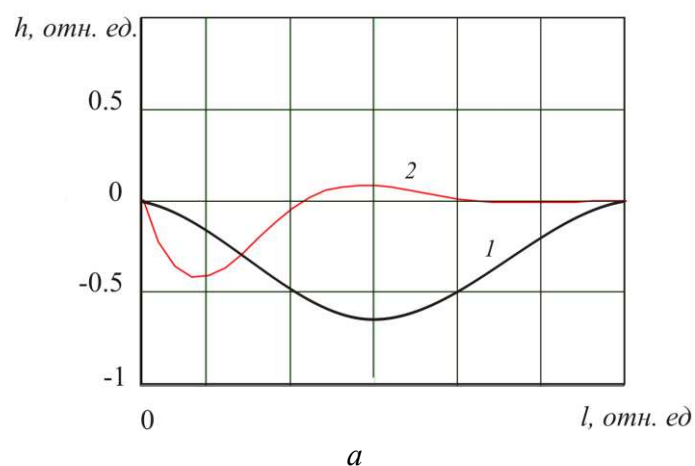
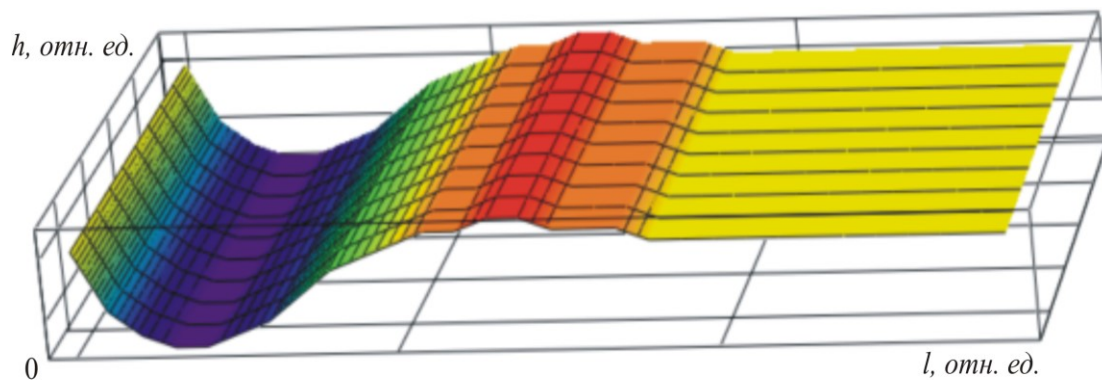
Рисунок 3 – Влияние дополнительной вибрации на изменение положения ленты транспортера [4]

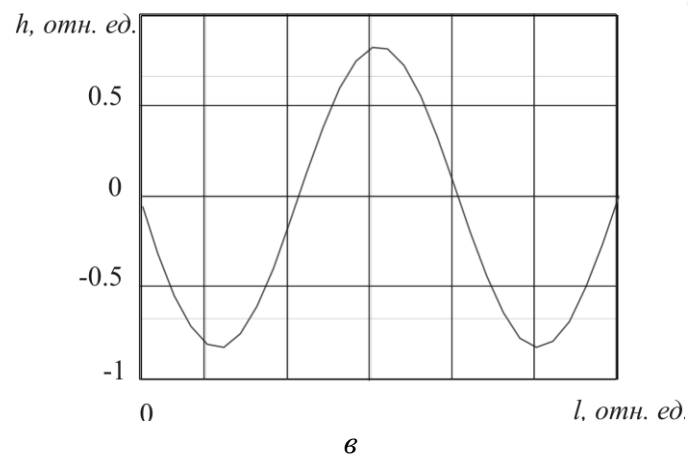
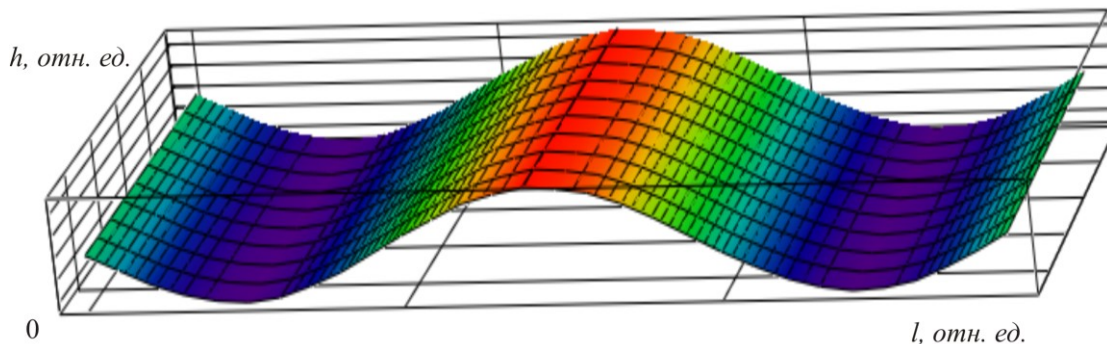
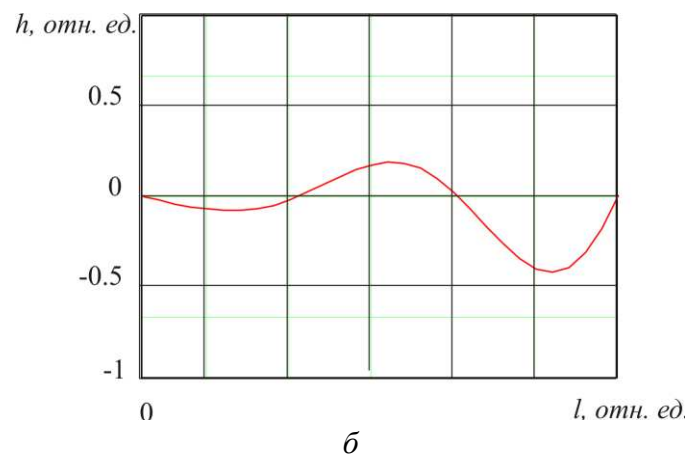
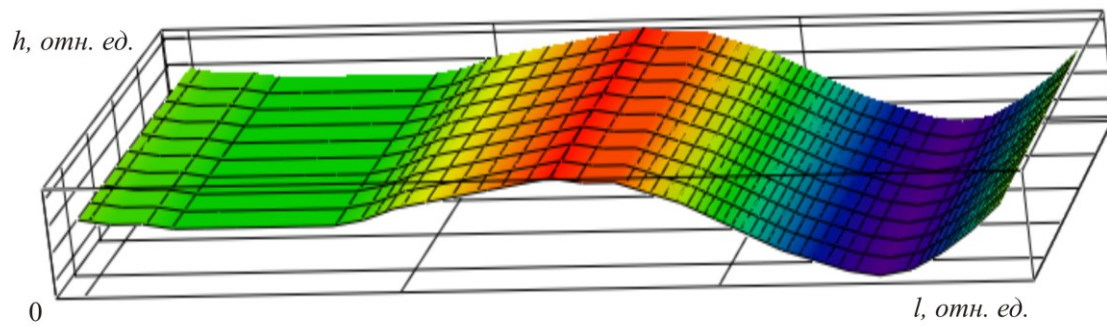
Возможные варианты:

- провисание полотна транспортера у первого ролика, рисунок 5 а, 1 – исходное положение ленты, 2 – возможное положение ленты при перемещении груза. Длины ленты в положении 1 и 2 одинаковы;

- провисание полотна транспортера у второго ролика;

- гармоническая форма колебания полотна транспортера с 1,5 условным периодом колебания.





a - провисание полотна транспортера у первого ролика; b - провисание полотна транспортера у второго ролика; $в$ - гармоническая форма колебания полотна транспортера
Рисунок 4 – Возможные вероятностные положения ленты транспортера между роликами при перемещении изменяющегося во времени веса переносимого груза

В [4] Была построена имитационная модель, основанная на методе дискретных элементов и были проведены однофакторные имитационные тесты. Оптимальное сочетание параметров, приводящее к низкому повреждению клубней и высокой скорости расчистки почвы по мнению авторов, было получено путем решения уравнений регрессии. К оптимальным параметрам можно отнести: угол наклона ленты транспортера 17,5 градусов, линейная скорость ленты 1,37 м/с при поступательной скорости комбайна 0,80 м/с.

В результате анализа результатов численного моделирования различных авторов было установлено, что на участке между валиками транспортера лента под воздействием переносимого, не равномерно распределенного веса, совершает колебания только с тремя полуволнами [5]. Одна положительная полуволна и две отрицательные. Максимальная частота колебаний ленты при грузе 90-120 кг/м², массе пруткового полотна 20 кг/м² и расстоянием между валиками 1,24 – 2,1 м не может превышать 10 Гц.

Результаты анализа научной литературы позволили расширить представления о работе транспортера при переносе клубней картофеля, определить возможные формы

транспортировочной ленты при переносе груза с изменяющейся массой и определить диапазон частот в котором возможны резонансные явления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горячкин, В.П. Земледельческая механика. М.: Колос, 1965. – 720 с. Том 1. В трех томах. Собрание сочинений.
2. Al-Dosary, N.M.N. Potato harvester performance on tuber damage at the eastern of Saudi Arabia. *Agric. Eng. Int. CIGR J.* 2016, 18, 32-42.
3. Park, D.; Lee, C.G.; Park, H.; Baek, S.H.; Rhee, J.Y. Discrete Element Method Analysis of the Impact Forces on a Garlic Bulb by the Roller of a Garlic Harvester. *J. Biosyst. Eng.* 2019, 44, 208–217.
4. Citation: Li, Y.; Hu, Z.; Gu, F.; Wang, B.; Fan, J.; Yang, H.; Wu, F. DEM-MBD Coupling Simulation and Analysis of the Working Process of Soil and Tuber Separation of a Potato Combine Harvester. *Agronomy* 2022, 12, 1734. [agronomy12081734](#), s. 19.
5. Юдаев, Ю.А., Абрамов, Ю.Н., Цыганов, Н.В., Холоден, И.В. Математическое моделирование вибрации ленты транспортера Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П. А. Костычева. 2024. Т.16. №4. С. 183-191.

ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ И УПРАВЛЕНИЕ, МАРКЕТИНГ

УДК 336.143.2

Кондукова Эльвира Владиславовна, канд. экон. наук, доцент кафедры «Инженерный бизнес и менеджмент» РИ(ф)МПУ, *ibim-rimsou@mail.ru*, SPIN 7239-3805

РЕГИОНАЛЬНЫЙ БЮДЖЕТ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Идея импортозамещения возникла в Российской Федерации давно. Некоторые авторы [1, 162-163] находят ее еще в теории меркантилистов, как отечественных, так и зарубежных. В этом случае импортозамещение трактуется как одна из форм протекционистской политики. Однако в отдельные периоды отечественной истории эта идея приобретает особую актуальность. В настоящее время РФ переживает как раз такой период в связи с введенными против нашей страны многочисленными санкциями, нацеленными на подрыв национальной экономики и, как следствие, неспособность продолжать СВО. В упомянутой статье отмечается, что российские ученые и практики первостепенное внимание уделяли развитию отечественного импортозамещающего производства для обеспечения экономической независимости государства как основы его политической независимости, а не гегемонии на внешних рынках. Поэтому неудивительно, что импортозамещение перешло в плоскость практических решений после 2014 года, когда были приняты первые пакеты санкций. В [ФЗ 488] поставлена цель – обеспечение технологической независимости и конкурентоспособности отечественной промышленности, что прямо связано с задачей импортозамещения. В целях устранения барьеров для развития промышленности вводились инструменты господдержки: субсидии, льготы и доступ к инфраструктуре. В качестве меры стимулирования инвестиций вводился механизм специальных инвестиционных контрактов как формы стимулирования локализации и модернизации производства. Ограниченность внутреннего спроса на российскую продукцию, предлагалось преодолевать, установив приоритет отечественных товаров при госзакупках.

Впоследствии эти и другие меры конкретизировались в других законодательных актах.

Особую актуальность импортозамещение приобрело после 2022 года. Соответствующие нормативные акты появились не только на федеральном, но и на региональном уровне. Так, в 2023 г. в Рязанской области был принят план по реализации импортозамещающих мероприятий [250-р]. Основные направления политики импортозамещения в нашей области охватывают промышленность, сельское хозяйство, фармацевтику, приборостроение и инновационные технологии. Меры ее реализации весьма разнообразны и ориентированы не только на местные, но и на федеральные источники финансирования. Они включают поддержку предприятий, создание специализированных кластеров в рамках федеральной программы, инфраструктурные проекты, модернизацию оборудования и стимулирование инвестиций.

В декабре 2023 года в Рязанской области была утверждена комплексная программа «Экономическое развитие» [Расп 747], в которой идеи импортозамещения получили дальнейшее развитие. Рязанская область представила интересный пример комплексного подхода к решению задач импортозамещения через систему взаимосвязанных стратегических документов.

Ключевой особенностью рязанского подхода является понимание импортозамещения не как изолированной задачи отдельных отраслей промышленности, а как системного фактора экономического роста региона. Основным инструментом реализации политики импортозамещения в регионе становятся промышленные кластеры: в программе предусмотрено создание семнадцати активно функционирующих промышленных кластеров, реализующих проекты по выпуску импортозамещающей продукции. Такой масштаб кластерного развития свидетельствует о системности подхода региональных властей к формированию новых точек экономического роста.

Основные отрасли, в которых реализуются импортозамещающие проекты, включают: сельское хозяйство (ООО «Рязанские росы»,

ООО «Рязанские овощи» – выращивание овощей, ООО «Вердазернопродукт» – мясопереработка, агропромышленный парк в Рязанском районе), производство лекарственных средств (ООО «Октафармафармимэкс», ООО «Скопинфарм» – внедрение технологий производства инновационных лекарственных препаратов и средств диагностики), производство прочей неметаллической минеральной продукции (ООО «Никогласс Рязань» – запуск завода по производству нетканого стеклохолста по мокрой (бумажной) технологии, группа компаний «Технониколь» – 10 заводов по производству кровельных материалов, холдинг «ЦЕМРОС» – крупнейший производитель цемента), производство машин и оборудования (ООО «НПО «РИЗУР» – модернизация и расширение производственных мощностей для производства взрывозащищенного оборудования, контрольно-измерительных приборов, металлоконструкций; АО «ГРПЗ» – разработка и серийное производство электростанций).

Территория опережающего социально-экономического развития «Лесной» и промышленный парк «Карандаш» – это прекрасный пример практической реализации кластерной политики. Специализация на производстве канцелярских товаров может показаться незначительной в контексте глобальных экономических вызовов, однако она демонстрирует важный принцип эффективного импортозамещения: развитие производств, где регион обладает конкурентными преимуществами и может быстро достичь технологического паритета с зарубежными производителями.

Особого внимания заслуживает создание научно-производственного центра беспилотных авиационных систем «ПРОТОС». Этот проект выходит за рамки традиционного понимания импортозамещения как простого воспроизводства зарубежных технологий на российских предприятиях. Речь идет о создании принципиально новых технологических компетенций, способных обеспечить технологическое лидерство региона в перспективных отраслях экономики. Федеральное финансирование проекта в размере более 1,6 миллиарда рублей подтверждает его стратегическое значение для всей страны.

Финансовые инструменты поддержки импортозамещения в Рязанской области отличаются разнообразием и комплексностью. Государственный Фонд развития промышленности, субсидии на возмещение затрат на приобретение оборудования, льготная аренда земельных участков и поддержка через региональную гарантийную организацию создают благоприятную среду для реализации инвестиционных проектов. Общий объем финансирования Программы превышает 25 млрд руб., что свидетельствует о готовности региона инвестировать значительные ресурсы в достижение поставленных целей.

Институциональная архитектура реализации политики импортозамещения в регионе характеризуется четким распределением ролей между различными участниками процесса. Министрство экономического развития Рязанской области выступает координатором всей системы, АНО «Агентство развития бизнеса Рязанской области» обеспечивает взаимодействие с частным сектором, а Государственный Фонд развития промышленности предоставляет финансовую поддержку приоритетным проектам.

Мониторинг реализации планов импортозамещения обеспечивается через систему количественных показателей, включающих индекс промышленного производства, объем отгруженной продукции обрабатывающих производств и индекс производства продукции сельского хозяйства. Такой подход позволяет объективно оценивать эффективность принимаемых мер и корректировать стратегию развития в соответствии с изменяющимися условиями.

Еще один результат реализации импортозамещающих программ как составляющей стратегии развития региональной экономики – изменения в структуре налоговых поступлений в бюджеты всех уровней от предприятий Рязанской области. В табл. 1 и табл. 2 приведены данные о структуре налоговых поступлений по всем видам экономической деятельности и по обрабатывающей промышленности соответственно (удельные веса менее 1% общей суммой отражены в составе прочих поступлений). Данные приведены за период 2021–2024 гг., т.е. охватывают период внедрения импортозамещающих программ.

Таблица 1 – Структура налоговых поступлений в Рязанской области по видам деятельности в 2021-24 гг. [ФНС]

	Структура налоговых поступлений по видам деятельности, %*				Изменение структуры налоговых поступлений по видам деятельности, %			
	2021	2022	2023	2024	2022 / 2021	2023 / 2022	2024 / 2023	За весь период
Обрабатывающие производства	68,0	67,5	65,0	63,3	99,3	96,3	97,3	93,1
Обеспечение электрической энергией, газом и паром	2,9	2,4	2,1	2,5	84,8	88,0	116,2	86,7
Строительство	2,6	2,8	5,1	4,4	109,4	183,1	85,3	170,9
Торговля оптовая и розничная	7,1	10,2	11,8	11,9	143,8	115,5	101,1	167,8
Транспортировка и хранение	2,8	2,5	2,7	2,4	89,2	108,9	88,3	85,8
Деятельность в области информации и связи	1,1	1,1	1,2	1,2	97,0	109,9	98,5	105,0
Деятельность финансовая и страховая	1,8	2,6	1,1	2,1	145,6	43,3	180,9	113,9
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	2,3	1,7	1,7	1,9	75,6	98,2	111,5	82,8
Деятельность профессиональная, научная и техническая	1,6	1,2	1,2	1,5	72,7	103,4	124,4	93,6
Государственное управление и обеспечение военной безопасности	2,2	1,7	1,9	1,8	76,9	109,6	94,5	79,5
Образование	2,0	1,6	1,6	1,8	80,4	96,8	112,4	87,5
Деятельность в области здравоохранения	1,4	1,2	1,2	1,4	83,6	102,5	109,0	93,4
Прочие виды деятельности	4,0	3,3	3,1	3,9	95,4	100,6	153,9	147,7
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*Рассчитано по данным Отчета о начислении и поступлении налогов, сборов и страховых взносов в бюджетную систему Российской Федерации по основным видам экономической деятельности, столбец 3 «Поступило всего в консолидированный бюджет» (указ. источник)

Производство нефтепродуктов (представленное двумя мощными предприятиями из структур ПАО Роснефти и ПАО Газпром – ООО «Газпромнефть-Рязанский завод битумных материалов», АО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания» (РНПК)), обеспечивает более 70% налоговых поступлений обрабатывающего сектора экономики. Таким образом, два предприятия на начало рассматриваемого периода давали около половины всех налоговых поступлений отрасли.

Однако значение нефтеперерабатывающей отрасли в формировании налогового потенциала области постепенно снижается (на 6,9% за анализируемый период), причем это результат диверсификации экономической структуры региона и развития альтернативных секторов.

В частности, строительная отрасль демонстрирует быстрый рост, увеличив свою долю с 2,6% до 4,4%, что связано с реализацией инфраструктурных проектов и программ импортозамещения, требующих создания новых производственных мощностей и модернизации существующих.

На 39% возросли поступления от предприятий химической индустрии как одного из приоритетных направлений импортозамещения. Производство машин и оборудования демонстрирует впечатляющий рост на 92,3%, хотя его абсолютная доля остается относительно небольшой. Этот факт указывает на формирование основ для развития машиностроительного комплекса, что критически важно для обеспечения технологической независимости региона.

Удельный вес сельского хозяйства, как одной из наиболее активно развиваемых в рамках стратегии импортозамещения отраслей, возрос почти в два раза – до 0,5%, хотя абсолютная величина остается скромной.

Наблюдаемые изменения в структуре налоговых поступлений Рязанской области отражают процесс адаптации региональной экономики к новым условиям хозяйствования. Снижение зависимости от традиционных отраслей при одновременном развитии торговли, строительства и отдельных высокотехнологичных производств свидетельствует о формировании более диверсифицированной и устойчивой экономической структуры. Однако этот процесс требует дальнейшего мониторинга и поддержки со стороны региональных властей для обеспечения сбалансированного развития всех секторов экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анимица, Е.Г. и др. П.Е. Анимица, А.А. Глумов Импортозамещение в промышленном производстве региона: концептуально-теоретические и прикладные аспекты / Е.Г. Анимица, П.Е. Анимица, А.А. Глумов // Экономика региона. 2015. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/importozameschenie-v-promyshlennom-proizvodstve-regiona>

kontseptualno-teoreticheskie-i-prikladnye-aspekty (дата обращения: 02.06.2025).

2. О промышленной политике в Российской Федерации : федер. закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ : принят Гос. Думой 11 дек. 2014 г. : одобрен Советом Федерации 25 дек. 2014 г. // Рос. газ. – 2015. – 12 янв.

3. О плане мероприятий по импортозамещению в Рязанской области на 2023-2025 годы: распоряжение Правительства Рязанской области от 17 мая 2023 г. № 250-р (в ред. от 29 июля 2024 г. № 448-р) // Консультант-Плюс: справ.-правовая система. – Текст документа: <https://docs.cntd.ru/document/420291916> (дата обращения: 02.06.2025).

4. Об утверждении паспорта государственной программы Рязанской области «Экономическое развитие»: распоряжение Правительства Рязанской области от 12 декабря 2023 г. № 747-р (в ред. Распоряжения Правительства Рязанской области от 12.05.2025 № 318-р). – Текст : электронный.

5. Федеральная налоговая служба. Данные по формам статистической налоговой отчетности [Электронный ресурс] // Федеральная налоговая служба Российской Федерации. – Режим доступа: https://www.nalog.gov.ru/rn77/related_activities/statistics_and_analytics/forms/, свободный. – Дата обращения: 03.06.2025.

УДК 332.14

Курыгина Екатерина Владимировна, магистрант кафедры «Инженерный бизнес и менеджмент» РИ(ф)МПУ, ibim-rimsou@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ НА РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ

Аннотация: настоящее исследование сфокусировано на изучении влияния государственных мер поддержки на индустриальную динамику Рязанской области с акцентом на результативность применяемых подходов,

диагностирование проблемных точек и выявление направлений их возможной трансформации, при этом весомость данной работы обусловлена настоятельной необходимостью оптимизации государственной политики в отношении регионов с высоким потенциалом устойчивого роста.

Ключевые слова: государственная поддержка, регион, инвестиционная привлекательность, рыночные механизмы.

В условиях глобализированной экономики современности значение государственного регулирования и поддержки индустриальной сферы приобретает особо ве-

сомый характер, поскольку практически каждое государство – вне зависимости от уровня своего экономического развития – в разной мере задействует инструменты вмешательства, направленные на стимулирование конкретных производственных направлений или отдельных предприятий, особенно в регионах, находящихся в состоянии финансовой неустойчивости или обладающих выраженным потенциалом для дальнейшего экономического роста, причём подобная практика неизбежно трансформирует рыночные механизмы, что находит как непосредственное, так и косвенное отражение в длительной временной перспективе и оказывает влияние на многослойные социально-экономические процессы [3]. В условиях российской экономической политики стратегической задачей представляется усиление позиций малого и среднего предпринимательства, обладающего ведущей функцией в региональном развитии, поскольку на международной арене удельный вес субъектов МСП в создании валового внутреннего продукта зачастую превышает 60 %, что подчёркивает их высокую ценность, однако в российской действительности данный потенциал пока раскрыт лишь частично, несмотря на наличие обширного перечня (более 500) государственных механизмов содействия, действующих в условиях как федерального, так и территориального уровней. Нарастание значения малого и среднего бизнеса способно повлиять на решение острых социально-экономических задач – обеспечение занятости, расширение производственной структуры, интенсификацию инвестиционной активности – что особенно важно для регионов с выраженным индустриальным профилем, к числу которых принадлежит Рязанская область, характеризующаяся сочетанием старопромышленного наследия, удачного расположения и развитой инфраструктурной базы, но в то же время занимающая лишь 45-ю строчку в рейтинге инвестиционной привлекательности, составленном Агентством стратегических инициатив, что указывает на наличие структурных барьеров, замедляющих поступательное развитие и требующих системного анализа [4].

С целью выявления степени воздействия механизмов государственного содействия на трансформационные процессы в промышленной структуре Рязанской области – с учётом действенности применяемых инструментов и направлений их корректировки – использовался многослойный методологический подход, охватывающий в себе как научно-теоретическое обоснование, так и эмпирическую проверку соответствующих положений.

На этапе теоретического осмысления были систематизированы актуальные научные источники, раскрывающие трансформацию представлений о промышленной стратегии и роли государства в экономическом регулировании, при этом в качестве концептуального фундамента рассматривались труды российских и зарубежных специалистов – Дж. Стиглица, Э. Родрика, А. Алесины – а также отчёты международных институтов (European Commission, London Economics и др.), охватывающие в полной мере противоположные эффекты реализации таких инструментов, как налоговые послабления, субсидии [1] и прямая финансовая поддержка индустриального сектора, что дало возможность проследить неоднозначность последствий аналогичной политики, раскрытую через призму уровня децентрализации и специфики национальных систем.

В эмпирической части исследование базировалось на обобщении и интерпретации официальных статистических массивов, полученных от профильных органов Российской Федерации, в том числе от Росстата, Министерства промышленности и торговли РФ, Агентства стратегических инициатив, а также региональных источников, содержащих информацию о параметрах инвестиционной привлекательности субъектов страны, с акцентом на материалы, относящиеся к Рязанской области.

Анализ существующих форм государственного содействия индустриальной сфере Рязанской области выявил ощутимое влияние как федеральных, так и территориальных инструментов на развитие производственной базы, техническое обновление предприятий и активизацию инвестиционных процессов, что в

совокупности с региональными мерами создало стабильную институциональную среду, обеспечивающую поступательное преобразование индустриального каркаса области [2]. В первую очередь, значительное влияние на интенсификацию модернизационных преобразований оказывает деятельность Минпромторга РФ, в арсенале которого представлены такие инструменты, как промышленная ипотека, комплекс лизинговых субсидий, механизмы специальных инвестиционных контрактов (СПИК), а также налоговые преимущества при поставках оборудования, не имеющего отечественных аналогов, благодаря чему промышленные субъекты региона получают возможность снижения себестоимости, увеличения капиталоемкости и повышения технологического уровня, что проявляется, в частности, в реализации программ реконструкции и техперевооружения предприятий, относящихся к легкой, химической, строительной и пищевой сферам.

Весомым элементом системы поддержки выступает участие региона в национальном проекте «Производительность труда и поддержка занятости», в рамках которого с 2018 года более 100 представителей среднего и крупного бизнеса Рязанской области внедряют принципы бережливого производства, продемонстрировавшие выраженные результаты: на отдельных площадках зафиксирован прирост производительности труда в пределах 30–45 %, ускорение производственных циклов на 39 %, а также сокращение объемов незавершенного производства на 42 %, что подтверждает действенность внутренних резервов предприятий при наличии выстроенной административно-организационной поддержки [2].

Формирование региональной инфраструктуры сопровождения инвестиций получило дальнейшее развитие благодаря созданию на базе Фонда развития промышленности области Центра кластерного роста и Регионального центра компетенций, чья деятельность, включая программу льготного кредитования и проектное сопровождение (инжиниринг и консалтинг), способствовала расширению доступа предприятий к мерам содействия, что подтверждается, в частности,

одобрением в 2023 году двух масштабных инвестиционных инициатив с общей суммой 240 млн рублей, что свидетельствует о росте деловой активности и укреплении доверия бизнес-сообщества к региональным механизмам развития. Ещё одним приоритетным направлением государственной политики выступает поддержка агропромышленного сектора, играющего значимое место в экономической структуре области, на что указывает объем бюджетной помощи в 2,6 млрд рублей в 2019 году (при софинансировании из федерального центра на 1,5 млрд рублей), а достигнутые результаты – прирост производства молока до отметки 400 тыс. тонн впервые за 15 лет, с последующим увеличением более чем на 6 % в год – опережают средние по стране темпы, что стало возможным благодаря технической модернизации животноводческих комплексов и наращиванию перерабатывающих мощностей, позволивших региону выйти на уровень самодостаточности и закрепиться на внешних рынках [6].

Дополнительным драйвером развития выступает реализация стратегии повышения инвестиционной привлекательности, сопряжённая с распространением бережливых технологий и активным заключением инвестиционных соглашений: за два года подписано свыше 60 контрактов на сумму порядка 270 млрд рублей с ожидаемым созданием до 18 тыс. новых рабочих мест, причём инвестиции направлены как в промышленную сферу, так и в агропромышленный комплекс, что указывает на диверсификацию и стабильность регионального экономического роста [3].

Результаты изучения действующих инструментов содействия инвестиционной активности в Рязанской области позволяют констатировать наличие многоуровневой и логически выстроенной системы стимулирования капиталовложений в индустриальную сферу, ориентированной одновременно на запуск новых производств и техническую трансформацию существующих предприятий, причём в условиях регионального правового регулирования – прежде всего в соответствии с Законом Рязанской области от 6 апреля 2009 г. № 33-ОЗ «О государственной поддержке инвестиционной

деятельности» [1] и нормативами, устанавливающими налоговые послабления – задействуются дифференцированные подходы, учитывающие статус и приоритетность конкретного проекта (основной, приоритетный либо особо значимый). Выраженным результатом применения данных механизмов выступает снижение налоговой нагрузки, в том числе по налогу на прибыль – с возможностью снижения до 18 %, 16 % и вплоть до 15,5 % – а также по имущественным обязательствам, где ставка варьируется от 1,1 % до полного освобождения, при этом дополнительно предусмотрены весомые преференции в рамках упрощённой системы налогообложения и сниженной арендной платы за землю, что приобретает особую ценность для производств с высокой капиталоемкостью.

Максимальные меры поддержки сосредоточены в отношении особо значимых инвестиционных инициатив, находящихся под патронажем государственных корпораций и фондов или сопряжённых с научно-исследовательскими разработками в рамках правового режима «Сколково», где предусмотрено освобождение от уплаты транспортного и имущественного налогов, 99-процентное снижение арендных платежей и предоставление целевых субсидий, направленных на создание инновационно-индустриальной среды и реализацию научно-технологического потенциала территории. Ключевым организационным элементом поддержки инвесторов служит деятельность профильных консультативных структур – Комитета инвестиций и туризма и Министерства экономического развития области – которые обеспечивают проектное сопровождение на всех этапах реализации, упрощая доступ к информации о действующих формах содействия. Дополнительный ресурс для индустриального развития формируется за счёт функционирования и проектирования индустриальных площадок: действующих (таких как «Станкозаводской» и «Карандаш») и формирующихся («Рязанский» и «Инвест-парк») [5], каждая из которых обеспечивает инвесторов логистическими и инфраструктурными преимуществами и способствует снижению начальных затрат на организацию производственной деятельности.

Одновременно с этим, при наличии разветвлённой системы стимулирования, сохраняется ряд препятствий: неравномерность развития инженерной и транспортной инфраструктуры в отдалённых зонах, экологическая нагрузка в локальных промышленных узлах и недостаточная проработка стратегии позиционирования региона как инвестиционной площадки на федеральной и международной арене, что требует активизации усилий в части формирования положительного имиджа, интеграции научных разработок, расширения взаимодействия с вузовским сектором, цифровизации сервисов и представления региона на значимых отраслевых мероприятиях.

Проведённое исследование подтвердило, что государственные меры поддержки выполняют основополагающую задачу в индустриальном продвижении Рязанской области, обеспечивая поступление капиталовложений, технологическое переоснащение производственных структур и выстраивание стабильной промышленной базы. Интеграция федеральных и региональных механизмов – налоговых и финансовых стимулов, сопровождения инвестиций, а также развития кластерной модели и инфраструктурных основ – создаёт фундамент для стабильного роста экономики и укрепления конкурентных позиций региона. Особое значение приобрели результаты реализации программ повышения эффективности труда и обновления агропромышленного сектора, что демонстрирует высокую результативность применяемой стратегии.

Одновременно с этим сохраняются институциональные ограничения — несбалансированное развитие инфраструктуры, экологическая нестабильность, слабая представленность области в инвестиционной системе страны и за её пределами, что подчёркивает насущную потребность в усовершенствовании механизмов поддержки с акцентом на территориальное развитие, экологическую устойчивость, усиление имиджевой привлекательности региона и активизацию научно-образовательной среды.

Следует отметить, что закрепление позитивной тенденции требует перехода к целостной модели индустриального прогресса, ориентированной на усиление межведомственной кооперации, внедрение инновационных методов и расширение информационно-коммуникационной инфраструктуры, при этом только при условии сбалансированного единства институционального содействия, стратегической координации и гибкости в реагировании на вызовы среды можно достичь качественного перехода к новой парадигме территориального развития, где промышленный сектор займёт не только опорное положение в экономике, но и станет двигателем социотехнологических трансформаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный Фонд развития промышленности Рязанской области. – URL: <https://frp62.ru/региональные-субсидии/> (дата обращения: 27.05.2025). – Текст : электронный.
2. Коровин, Г.Б. Эффективность государственной поддержки производственного сектора в промышленных регионах России /

Г.Б. Коровин // *Ekonomika Regionala*. – 2021. – Т. 17, № 4. – С. 1256–1269.

3. Кострова, Ю.Б. Направления совершенствования государственной поддержки сельскохозяйственного производства Рязанской области / Ю.Б. Кострова, В.В. Туарменский, О.Ю. Шибаршина // *РППЭ*. – 2019. – № 2 (100).

4. Лозовая, О.В. Значение современных проблем тракторостроения для АПК РФ и Рязанской области / О.В. Лозовая, Н.В. Барсукова, О.И. Ванюшина // *Современные материалы, техника и технологии*. – 2023. – № 1 (46).

5. Нюхня, И.В. Региональная практика развития индустриальных парков на примере Калужской и Рязанской областей: опыт создания и достигнутые эффекты в реальном секторе экономики / И.В. Нюхня // *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика*. – 2022. – № 4 (310).

6. Шулепина, Т.И. Оценка инвестиционной привлекательности Рязанской области / Т.И. Шулепина // *Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление*. – 2019. – № 4 (31).

УДК 346.7

Морозова Наталья Михайловна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерный бизнес и менеджмент» РИ(ф)МПУ, ibim-rimsou@mail.ru, SPIN 2135-4835
Зубрилина Екатерина Дмитриевна, магистрант кафедры «Инженерный бизнес и менеджмент» РИ(ф)МПУ, ibim-rimsou@mail.ru

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: в статье на основе статистических данных за 2022–2024 годы проанализировано состояние металлообрабатывающей отрасли Рязанской области, включая такие характеристики, как выручка от реализации, уровень

рентабельности, затраты на производство и реализацию, структура рынка.

Ключевые слова: выручка от реализации, уровень рентабельности, затраты на производство и реализацию, структура рынка.

Металлообработка – ключевая отрасль экономики, поддерживающая развитие машиностроения, строительства и транспортной инфраструктуры. В текущей экономической ситуации, когда приоритет отдается импортозамещению, особенно важно изучить состояние и возможности роста металлообрабатывающей промышленности.

Анализ финансовой ситуации в металлообрабатывающей отрасли Рязанской области критически важен для понимания ее

текущего состояния и прогнозирования будущего развития. Ключевыми показателями для оценки являются выручка, уровень рентабельности и себестоимость продукции, поскольку они напрямую отражают

эффективность, прибыльность и структуру затрат предприятий [2]. Для анализа выручки отрасли обратимся к таблице 1.

Таблица 1 – Выручка (нетто) от реализации (за минусом налога на добавленную стоимость, акцизов и иных аналогичных обязательных платежей) (тыс. руб.) [4]

Вид деятельности	2023 г.	2024 г.
	январь-декабрь	январь-декабрь
Обработка металлов и нанесение покрытий на металлы; механическая обработка металлов	4 078 147	5 513 152
Обработка металлов и нанесение покрытий на металлы	-	5 316 693

За период с января по декабрь 2023 и 2024 годов наблюдается значительный рост выручки в сфере обработки металлов и нанесения покрытий на металлы. В 2023 году выручка составила 4 078 147 тыс. руб., тогда как в 2024 году этот показатель увеличился до 5 513 152 тыс. руб., что свидетельствует о расширении производственной деятельности и повышении

спроса на услуги металлообработки. Стоит отметить, что отдельно механическую обработку от прочей обработки металлов стали рассматривать только в 2024 году.

Обратимся к анализу рентабельности продаж металлообрабатывающей отрасли Рязанской области, представленному в таблице 2.

Таблица 2 – Уровень рентабельности (убыточности) металлообрабатывающей отрасли Рязанской области (%) [4]

Вид деятельности	2022 г.	2023 г.	2024 г.
	январь-декабрь	январь-декабрь	январь-декабрь
Обработка металлов и нанесение покрытий на металлы; механическая обработка металлов	36,15	28,84	24,92
Обработка металлов и нанесение покрытий на металлы	36,15	28,91	26,89
Обработка металлических изделий механическая	-	-2,82	-12,08

С 2022 по 2024 год в металлообрабатывающей отрасли Рязанской области наблюдается устойчивое снижение рентабельности. Наиболее проблемным является сегмент механической обработки металлических изделий, где рентабельность ушла в отрицательную зону, достигнув -12,08% в 2024 году. Несмотря на рост выручки, снижение рентабельности говорит о росте издержек и необходимости повышения эффективности работы предприятий [1].

Рассмотрим издержки. Обратимся к таблице 3 для оценки величины затрат на себестоимость реализации.

Анализ таблицы 3 показывает, что, хотя расходы на материалы несколько уменьшились в 2023 году, общие затраты на производство и реализацию продукции по-прежнему очень велики (в диапазоне 3,85–3,92 млрд рублей). Это обусловлено высокими затратами на оплату труда, привлечение сторонних организаций и аренду. Такая структура затрат оказывает существенное давление на рентабельность металлообработки в Рязанской области. Официальные данные о затратах отрасли в 2024 году не представлены в общем доступе, однако исходя из показателей рентабельности, можно предположить существенный рост затрат.

Таблица 3 – Затраты на производство и реализацию по обработке металлов и нанесение покрытий на металлы; механической обработке металлов Рязанской области (тыс. руб.) [4]

Вид затрат	2022 г.	2023 г.
Материальные затраты	2 582 672,7	2 333 543
На приобретение сырья, материалов, покупных полуфабрикатов и комплектующих изделий для производства и продажи продукции (товаров, работ, услуг)	2 416 585,4	1 961 302
На производство и реализацию товаров, работ, услуг	3 918 337,9	3 851 718,4
Оплата труда	491 382,8	560 081,7
Расходы по оплате работ и услуг, выполненных сторонними организациями	329 766,7	427 125,1
Расходы, связанные с арендой	694 618,2	459 734,7

Для полноценного анализа финансовой ситуации следует оценить занятость населения в отрасли. Динамика изменения количества заня-

того населения в металлообрабатывающей отрасли Рязанской области представлена на рисунке 1.

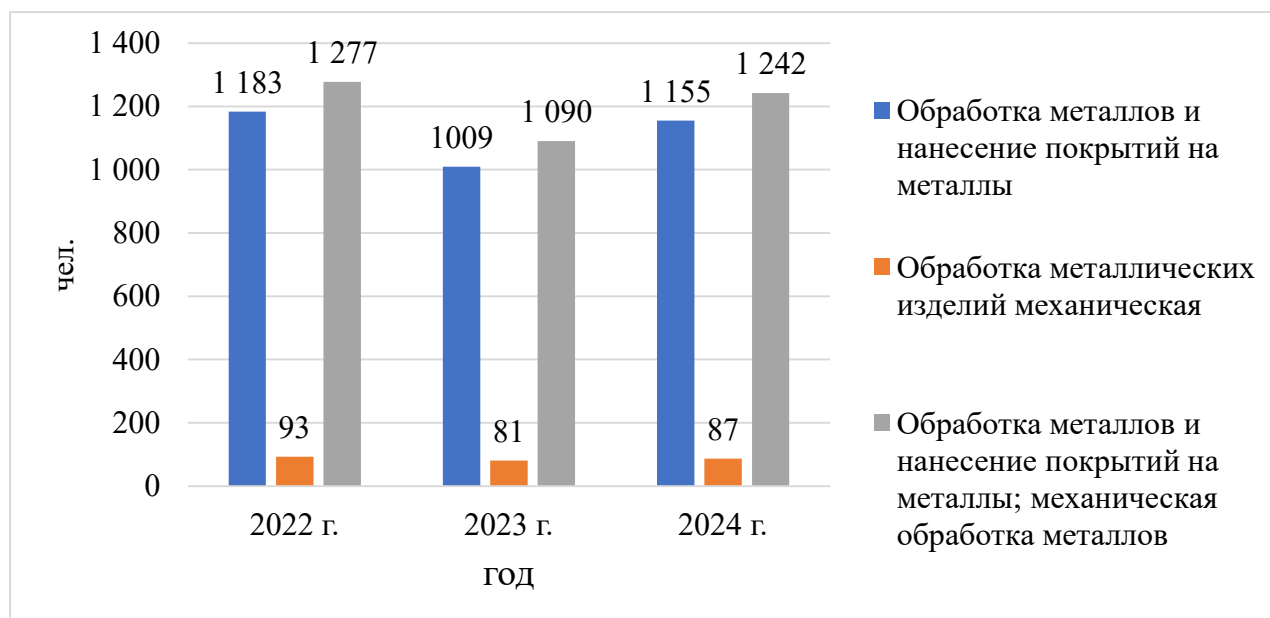


Рисунок 1 – Количество занятого населения в отрасли металлообработки в Рязанской области

Рынок труда в металлообрабатывающей промышленности Рязанской области демонстрирует устойчивость. Основная часть рабочей силы сосредоточена в обработке металлов и нанесении покрытий, где, несмотря на небольшое снижение в 2023 году, в 2024 году наблюдался рост.

Для успешного развития металлообрабатывающих предприятий в Рязанской области необходимо глубокое понимание рынка и потребительских предпочтений. Анализ потребителей позволяет выявить структуру рынка, оценить потенциал продаж, определить оптимальные каналы дистрибуции и разработать эффективные стратегии роста [3].

Анализируя потребителей металлообрабатывающей отрасли Рязанской области, необходимо оценить объем выполненных работ и оказанных услуг в данной области за последние годы (таблица 4).

В Рязанской области наблюдается рост в металлообрабатывающей отрасли. Увеличение объемов производства и услуг указывает на повышение спроса на продукцию местных предприятий и их способность эффективно реагировать на изменения в экономике [4].

В Рязанской области металлообработка – ключевая отрасль промышленности, обеспечивающая потребности различных секторов экономики.

Таблица 4 – Объем отгруженной продукции, выполненных работ, оказанных услуг по обработке металлов в Рязанской области с 2023 года (тыс. руб.) [4]

Вид деятельности	2023 г.				2024 г.		
	январь-март	январь-июнь	январь-сентябрь	январь-декабрь	январь-март	январь-июнь	январь-сентябрь
Обработка металлов и нанесение покрытий на металлы; механическая обработка металлов	1 167 956	2 217 814	3 465 484	4 908 598	1 558 519	3 204 166	5 016 701
Обработка металлов и нанесение покрытий на металлы	-	-	-	-	1 455 390	3 054 504	4 812 194

Металлоизделия, произведенные в регионе, широко используются в строительстве, машиностроении, производстве инструментов и потребительских товаров. Благодаря высокому качеству и применению современных технологий, рязанские предприятия успешно конкурируют на рынке и способствуют экономическому росту области.

Для составления общей характеристики потребителей металлообрабатывающей отрасли Рязанской области обратим внимание на отдельные сегменты рынка. В данных сегментах существует постоянный спрос на обработку и покрытие металлов. Структура рынка металлообработки Рязанской области представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Структура рынка металлообрабатывающей отрасли Рязанской области

Сегмент рынка	Значимость	Организации-потребители
Производство металлических конструкций для строительства и инфраструктуры	Сегмент является одним из самых крупных и активно развивающихся в регионе благодаря росту объемов жилищного, коммерческого и производственного строительства.	«СЕВЕРНАЯ КОМПАНИЯ», ГК «Единство», СПК «Зелёный сад», ГК «Капитал», ИСГ «Мармакс», ГК «СтройПромСервис», ГК «Мервинский», СК «РЕКОНСТРУКЦИЯ».
Металлообработка для машиностроения и приборостроения	Машиностроение и приборостроение в Рязанской области является одним из самых значимых сегментов экономики, что обеспечивает устойчивый спрос на высококачественные металлические компоненты и детали.	«Завод Красное знамя», «Тяжпрессмаш», «Булат», «Поковка», «Агротехмаш», «Рязанский комбайновый завод», «ПКФ СтанкоАртель», «Тяжспецмаш» «ИПРО», «Государственный Рязанский приборный завод».
Производство металлических изделий для сельского хозяйства	Аграрный сектор региона является значительным покупателем металлических изделий для сельскохозяйственной техники, оборудования для животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции [5].	ООО «Рязаньагрохим», ООО «Старожиловоагроснаб», ООО «ОКА МОЛОКО», ООО «Авангард», СПК «Полянская птицефабрика», ООО «Вакинское Агро», ОАО «Аграрий-Ранова», АО «Октябрьское», ООО «Лаг-Сервис АГРО», ООО «ПЛАМЯ», АО «Имени Куйбышева».
Производство металлических изделий широкого потребления	Сегмент охватывает компании, занимающиеся выпуском металлических товаров для повседневного использования, таких как кухонные принадлежности, инструменты,	ЦТО «Микрон», АНГ Групп, «Завод металлов и сплавов», Рязанский Завод По Производству И Обработке Цветных Металлов, «ШАМРАЙ», «Стальные Конструкции-Профлист»,

Сегмент рынка	Значимость	Организации-потребители
	фурнитура для мебели и других товаров.	Завод Металлов И Сплавов, «КАР-ЦЕНТО», «МЕТАЛЛОГРАД», «ПОРМЕТ», «АВТОЛИТ», «Металлоизделие Рязанское Объединение ВОИ» ООО.
Услуги по обработке металла	Рынок включает предприятия, предоставляющие услуги резки, гибки, сварки, покраски и другие виды обработки металлов, что особенно важно для малых предприятий и индивидуальных клиентов, у которых нет собственного оборудования.	ООО «Оптима», ООО «Гальванический центр», ООО «Галс», ООО «МеталлоСтрой», ООО «МОДУЛЬ-1», ООО «РАСМА-МЕТ», ООО «ПКФ «Станкоартель», ООО «СТМ-групп», ООО «ЛазерВент».

Основываясь на таблице 5, можно заключить, что существует значительное множество организаций-потребителей. В общем, высокий интерес к металлообработке в упомянутых рыночных сегментах обусловлен потребностью в прочных, долговечных и функциональных металлических изделиях, а также ростом связанных отраслей экономики.

Рязанская область по-прежнему опирается на металлообрабатывающую отрасль как на ключевой элемент своей экономики, обеспечивающий развитие машиностроения, строительства и транспорта. Хотя в 2023-2024 годах наблюдался значительный рост выручки, что свидетельствует об увеличении объемов производства и спроса, предприятия столкнулись с проблемой снижения рентабельности. Особенно остро эта проблема стоит в сегменте механической обработки, где рентабельность уже отрицательная. Это указывает на необходимость срочной оптимизации производственных процессов и снижения издержек. Несмотря на это, отрасль демонстрирует устойчивость, наращивая объемы работ и услуг, и успешно адаптируется к новым экономическим реалиям, включая импортозамещение. Для дальнейшего развития

необходимо углубленное изучение рынка, анализ потребительских предпочтений и внедрение современных технологий и методов управления. Поддержка и модернизация металлообрабатывающей промышленности критически важны для обеспечения ее устойчивого роста и конкурентоспособности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева Н.К., Тахумова О.В., Третьякова В.В., Карпенко И.С. Платежеспособность организации: понятие, анализ, направления повышения // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – № 5-3. – С. 329-336;
2. ЕМИСС : [сайт]. – Режим доступа: <https://fedstat.ru/organizations/> (дата обращения: 22.05.2025).
3. Ковалев, В. В. Финансовый анализ : учебник / В. В. Ковалев. – Москва : Финансы и статистика, 2019. – 384 с.
4. Панков В. В. «Экономический анализ» // М.: Магистр, 2022 – 624 с.
5. Скамай Л. Г., Трубочкина М. И. «Экономический анализ деятельности предприятия» // М.: ИНФРА-М, 2014. – 379 с.

УДК 338.2

Цупко Алена Юрьевна, магистрант кафедры «Инженерный бизнес и менеджмент» РИ(ф)МПУ, ibim-rimsou@mail.ru

Фролова Светлана Владимировна, канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой «Инженерный бизнес и менеджмент» РИ(ф)МПУ, syfrolova@yandex.ru, SPIN 4079-2577

ВЛИЯНИЕ САНКЦИЙ И ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НА ОТЕЧЕСТВЕННУЮ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Аннотация: в статье рассмотрены ключевые аспекты влияния санкций и мероприятий по импортозамещению на региональную промышленность России.

Ключевые слова: санкции, импортозамещение, механизмы финансирования и управления, финансовая поддержка.

С момента введения первых санкционных ограничений странами ЕС и США в 2014 году против Российской Федерации прошло 11 лет. Эти меры внешнеэкономического давления стали отправной точкой для формирования политики импортозамещения, которая приобрела

стратегическое значение. Политика направлена на укрепление отечественного производственного сектора и снижение зависимости от зарубежных поставок.

Введение санкций раскрыло ряд технологических проблем в российской промышленности, что потребовало пересмотра подходов к развитию национальной экономики. В этих условиях особое внимание стало уделяться поддержке промышленности на федеральном и региональном уровнях, а также развитию технологической независимости.

Особенно серьезным испытанием для российской экономики стали санкции, введенные с 2022 года. Однако, несмотря на их масштаб, они одновременно стали стимулом к трансформации производственного сектора. Это влияние прослеживается в динамике промышленного производства, но оно носит неоднородный характер. Эффекты могут быть как негативными (снижение в высокотехнологических отраслях), так и стимулирующими (рост в сферах, связанных с импортозамещением и внутренним спросом).

В таблице 1 представлены показатели промышленного производства в % к аналогичному периоду прошлого года.

Таблица 1 – Показатели промышленного производства, в % к АПГТ

Промышленное производство	2024	2023	2022
В % к соответствующему периоду прошлого года	4,6	4,3	0,7

За 2022 год индекс промышленного производства по итогам года составлял 0,7% г/г., что свидетельствует о начавшейся адаптации экономики к новым условиям. В 2024 году, учитывая влияние санкций на доступность ресурсов и логистику, можно отметить тенденцию к росту промышленного производства в России. Индекс промышленного производства по итогам 2024 года вырос на +4,6% г/г, что немного выше показателя 2023 года (+4,3, г/г) [1], но существенно выше показателя за 2022 год.

Однако за тенденциями роста промышленного производства скрываются глубокие структурные изменения. Если в первые 2 года действия санкций адаптация происходила за

счет переориентации на отечественных партнеров и замещения поставок и технологий на базовом уровне, то уже в 2024 году становится очевидным, что дальнейшее развитие требует перехода от простых организационных решений к решению технологических задач. Импортозамещение сталкивается с ограничениями, которые невозможно преодолеть без научной, инженерной и производственной базы.

К 2025 году на первый план все чаще выходят вопросы, связанные с импортозамещением сложной продукции. Эти проблемы как правило, нельзя решить поисками нового партнера в России или разработкой конструкторской документации на основе готовых образцов. Особенно это актуально для таких

отраслей, как станкостроение, производство микроэлектроники и авиастроение – где российские аналоги либо отсутствуют, либо находятся в стадии ранней разработки. В настоящий момент становится актуальным ориентироваться на создание отечественных технологических решений. Следует учитывать, что разработка собственных технологий – это длительный и ресурсоёмкий процесс, для реализации которого могут потребоваться десятилетия.

Приспосабливаясь к изменениям, связанным с ограничениями и санкциями, предприятиям потребовалось создание новых стратегий. В том числе приходится искать способы импортозамещения и локализации производства, которые включают в себя следующие подходы:

1. Развитие собственных производственных цепочек – компании стали активнее искать отечественных поставщиков сырья и комплектующих;
2. Создание совместных производств – партнёрство с другими российскими предприятиями для выпуска необходимых компонентов;
3. Переход на альтернативные технологии – замена недоступных иностранных технологий российскими аналогами.

После массового ухода западных компаний из России, критически важные отрасли промышленности, от нефтехимии до судостроения, столкнулись с угрозой неполадок в инженерных и конструкторских процессах. Прекращение обновлений, разрыв сервисных контрактов и блокировка легального продления лицензий на зарубежное программное обеспечение дали понять, что дальнейшая зависимость от иностранных решений несёт определенные риски. Это заставило бизнес и государство пересмотреть подходы к существующим технологиям – с опорой на российские разработки.

Ярким примером стала ситуация в авиастроении и машиностроении, где широко использовались зарубежные системы, после прекращения доступа к этим решениям, предприятиям срочно потребовалось внедрение российских аналогов. В официальном печатном органе Правительства Российской Федерации

«Российская газета» упоминалось, что «в 2022 году по решению правительства РФ на базе корпорации был создан Индустриальный центр компетенций «Авиастроение». В индустриальных центрах компетенций идет работа над внедрением единой информационной среды для управления процессами разработки изделий авиационной техники. Проект, реализованный на основе подходов и методов системной инженерии и управления их жизненным циклом, позволит доработать отечественную PLM-систему на базе существующей платформы T-FLEX, а затем поэтапно перевести на нее всю отрасль». [2]

Реализация программ импортозамещения основывается на использовании различных механизмов финансирования и управления. Одним из ключевых инструментов является государственная поддержка в виде субсидий и грантов, предоставляемых предприятиям, участвующим в этом процессе. Важным элементом также выступает привлечение частных инвестиций, что возможно через создание благоприятного инвестиционного климата.

Примером государственной поддержки для Рязанской области в рамках импортозамещения служит предоставление субсидий для автономной некоммерческой организации «Научно-производственный центр беспилотных авиационных систем «ПРОТОС». Согласно постановлению правительства Рязанской области от 27.06.2024 года, был утвержден порядок предоставления субсидий в виде имущественного взноса на обеспечение деятельности для организации [4]. В настоящее время НПЦ БАС «ПРОТОС» объединяет 35-компаний-резидентов, которые занимаются разработкой и производством комплектующих, программного обеспечения и решений на основе ИИ для беспилотных авиационных систем. Среди направлений деятельности – аэрологистика, авиаразведка, радиосвязь, а также сбор и обработка данных. Инфраструктура центра расположена на базе аэропорта «Протасово» и территории Аэрокосмической инновационной долины. Согласно официальному сайту организации: «В соответствии с Поручением Президента Российской Федерации (от 13.06.2023 № Пр-

1176, п.4 в) к 2030 году в 11 регионах, в том числе и Рязанской области, в рамках нацпроекта «Беспилотные авиационные системы» необходимо предусмотреть создание сети работающих по принципу «одного окна» центров поддержки проектирования, испытаний, производства и подготовки к сертификации беспилотных авиационных систем» [3].

В качестве примера развития промышленности в регионах можно привести конкурс от Фонда содействия инновациям «Коммерциализация-импортозамещение (очередь XIX)» для компаний, разрабатывающих отечественные технологии, услуги, продукты и комплектующие, а также формирующих новые технологические цепочки и средства производства. «Конкурс направлен на предоставление грантов малым инновационным предприятиям, завершившим НИОКР и планирующим создание или расширение производства инновационной продукции.» [6]

В качестве финансовой поддержки, фонд развития промышленности предоставляет льготное финансирование для проектов, ориентированных на разработку новой высокотехнологической продукции, замену импортных аналогов, приобретение производственного оборудования в лизинг, развитие станкостроения, а также реализацию других проектов. «Для реализации новых промышленных проектов Фонд предоставляет целевые займы по ставкам 3% и 5% годовых сроком на 7 лет в объеме от 5 млн до 2 млрд. рублей, стимулируя инвестиции в реальный сектор экономики» [7].

Примером эффективного внедрения механизмов импортозамещения на региональном уровне служит проект, реализованный в Ростове-на-Дону. ООО «10-ГПЗ (Десятый государственный подшипниковый завод)» запустил новую линию импортозамещающего производства подшипников стоимостью около 300 млн. рублей. Инвестиции были направлены на модернизацию участка термической обработки. Проект вошел в программу «100 губернаторских инвестиционных проектов». Были приобретены линии термической и химико-термической обработки, азотная станция и моечная конвейерная машина. Про-

изводительность новой линии составит не менее 220 кг изделий в час, а печь светлого отжига позволит обрабатывать порядка 110-115 кг изделий в час. Стоит отметить, что подшипниковое производство имеет стратегическое значение и без ее продукции не обходится ни одна из обрабатывающих отраслей промышленности.

Подобные примеры демонстрируют, что при грамотной реализации программ импортозамещения можно добиться существенных успехов в развитии региональной промышленности.

Следует отметить, что подготовка инженерных и научных кадров также приобретает ключевое значение, так как именно она формирует основу для устойчивого технологического развития отечественной промышленности. Это находит отражение в ряде федеральных программ, направленных на укрепление взаимодействия между системой образования и производственного сектора. В рамках программы «Приоритет-2030» устанавливается сотрудничество вузов с предприятиями. «Цель программы - к 2030 году сформировать в России более 100 прогрессивных современных университетов – центров научно-технологического и социально-экономического развития страны» [5].

В ходе проведенного исследования были рассмотрены ключевые аспекты влияния санкций и мероприятий по импортозамещению на региональную промышленность России. Анализ показал, что санкционное давление существенно изменило условия функционирования предприятий, вынудив их адаптироваться к новым экономическим реалиям. Были выявлены основные изменения в производственных процессах, и последствия для российских предприятий, а также оценена эффективность мер, направленных на поддержание устойчивости промышленности. Адаптация предприятий к новым условиям, внедрение инноваций и развитие отечественного производства стали ключевыми факторами устойчивости.

В заключении стоит отметить, что санкционное давление и стратегия импортозамещения стали ключевыми факторами преобразования региональных промышленных систем. Для достижения долгосрочного успеха необходимо продолжать работу над

устранением существующих проблем и разрабатывать эффективные стратегии. Отдельного внимания требует подготовка инженерных и научных кадров, без которых невозможно создать устойчивую технологическую базу. Необходима системная политика в сфере НИОКР, долгосрочные инвестиции в науку, а также поддержка развития инноваций в производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о динамике промышленного производства Министерства экономического развития Российской Федерации. URL: [o_dinamike_promyshlennogo_proizvodstva_ito_gi_2024_goda.pdf](#).

2. Официальный печатный орган Правительства Российской Федерации «Российская газета». URL: Российские

авиастроители становятся менее зависимыми от зарубежного оборудования и систем проектирования - Российская газета.

3. Официальный сайт НПЦ БАС «ПРОТОС». URL: НПЦ БАС «ПРОТОС».

4. Постановление правительства Рязанской области от 27.06.2024. URL: Постановление Правительства Рязанской области от 27.06.2024 № 202 · Официальное опубликование правовых актов.

5. Сайт Министерства науки и высшего образования РФ. URL: «Приоритет-2030».

6. Сайт Министерства промышленности и торговли. URL: Конкурс «Коммерциализация – импортозамещение» Минпромторг России.

7. Сайт Фонда развития промышленности. URL: Займы ФРП.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 624.154

Абрамов Юрий Алексеевич, ст. преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» РИ(ф)МПУ, volga383.abramov@yandex.ru
Гаррыев Мерген, студент РИ(ф)МПУ, volga383.abramov@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ ЗА СЧЁТ НАГНЕТАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация: в статье рассматриваются методы увеличения принятия нагрузки элементами оснований за счёт повышения механических характеристик грунта. Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации фундаментов строительных технологий, особенно в условиях ограниченного пространства и высокой нагрузки на конструкции. Статья предназначена для специалистов в области геотехники, строительного проектирования и смежных дисциплин, а также для студентов и аспирантов, интересующихся современными технологиями в строительстве.

Ключевые слова: набивные сваи, основание свай, изменение напряженного состояния, свайные фундаменты, несущая способность свай.

В последние десятилетия наблюдается рост интереса к методам увеличения несущей способности фундаментов и свайных конструкций. Одним из перспективных направлений является использование набивных свай, которые, благодаря своей технологии установки, могут обеспечить высокую несущую способность и устойчивость в различных грунтовых условиях. В данной статье рассматриваются методы увеличения принятия нагрузки сваями за счёт увеличения физико-механических характеристик грунта с погруженной в него свай.

Несущая способность свай – это максимальная нагрузка, которую свая может воспринимать без превышения допустимых деформаций и предельных состояний. Основные факторы, влияющие на несущую способность, включают:

- 1 – геометрические параметры свай: длина, диаметр, форма;
- 2 – свойства материала: прочность, упругость, способность принимать ударные нагрузки;
- 3 – характеристики грунта: плотность, угол внутреннего трения, сцепление, модули деформации [1].

Напряжённое состояние основания – это распределение напряжений в грунте под свайей, которое зависит от нагрузки, передаваемой на основание, и от свойств самого грунта [3].

Набивные сваи являются важным элементом современного строительного проектирования, обеспечивая необходимую поддержку конструкций в условиях различных геологических и строительных особенностей.

Одной из значительных проблем, с которой сталкиваются инженеры, является недостаточная способность нести нагрузку от здания или сооружения на ланом типе грунтов, что может привести к деформациям и даже разрушениям. В последние годы активно исследуются методы увеличения несущей способности свай, среди которых особое внимание уделяется предварительному повышению механических свойств грунта в несущей зоне свай.

Набивные сваи представляют собой элементы фундамента, устанавливаемые в грунт с помощью механического воздействия, что позволяет создавать плотные и однородные грунтовые массивы, прилежащие к сваям. Для увеличения их несущей способности необходимо учитывать механические характеристики грунта, включая его прочность и склонность к деформациям [2, 3].

Предварительное увеличение напряжённого состояния вокруг несущей части

свай заключается в создании условий, при которых грунт под сваей будет менее подвержен деформациям, что в свою очередь позволит увеличить их несущую способность.

Основные методы, используемые для этой цели, включают:

1. Уплотнение грунта, которое является наиболее распространённым методом повышения несущей способности свай. Оно может быть достигнуто следующими способами:

- статическое механическое уплотнение осуществляется с помощью вибрации или обжимных катков, трамбовок и других устройств для уплотнения грунта до начала установки свай. Механическое уплотнение способствует уменьшению порового давления и увеличению эффективного напряжения;

- динамическое механическое уплотнение производится с применением ударных механизмов, которые создают высокие динамические нагрузки на грунт, способствуя его уплотнению. Данный метод наиболее часто применяют на рыхлых и сыпучих грунтах;

- гидравлическое уплотнение происходит с использованием воды для создания давления в грунте, что позволяет удалить воздух и уменьшить поровое давление. Этот метод также может быть использован в сочетании с другими методами для достижения наилучших результатов.

2. Дренаж и осушение производится для поддержания оптимального уровня влаги в грунте, которая играет важную роль в повышении восприятия нагрузки набивными сваями. Применение этого метода позволяет:

- понизить уровень воды в грунте вокруг свай. Устранение избыточной влаги из грунта способствует увеличению его прочности и уменьшению подвижности частиц, что повышает сцепление и несущую способность;

- улучшить структуру грунта: Снижение содержания воды в грунте позволяет избежать его разжижения и улучшает его механические свойства, что ведёт к увеличению несущей способности свай.

3. Методы микропайки и инъекции, основаны на введении в грунт вокруг свай различных материалов в грунт. Они имеют свои преимущества, так инъекции цементными

растворами: позволяют создать искусственные структуры вокруг свай, увеличивающие её прочность и жесткость, а также способствуют улучшению сцепления между частицами;

Для увеличения прочности могут быть использованы современные полимерные материалы для инъекций, что позволяет также увеличить срок эксплуатации свай и снизить их водонепроницаемость. Применение геосинтетических материалов в грунте может улучшить механических свойства свай.

4. С помощью изменения конструкции самой сваи может быть повышена её несущей способности, которые могут предусматривать более широкий диаметр сваи, позволяющий распределить нагрузку на большую площадь основания, что приводит к снижению напряжения в грунте. Могут быть сваи с изменённой формой, такие как конусные или ребристые, которые позволяют улучшить её взаимодействие с грунтом и принять большую нагрузку. Кроме того, изменение армирования сваи позволяет прочностные характеристики, а также устойчивость к изгибным и сдвиговым нагрузкам, что также способствует усилению несущей способности [1, 4].

Способность увеличения восприятия большей нагрузки в зданиях за счёт усиления оснований является комплексной задачей, требующей учёта множества факторов, включая свойства грунта, конструкцию свай и условия эксплуатации.

Применение инъекции среди различных методов, таких как уплотнение грунта, дренаж и оптимизация конструкции свай, позволяет существенно увеличить несущую способность и гарантировать устойчивость строительных конструкций [3].

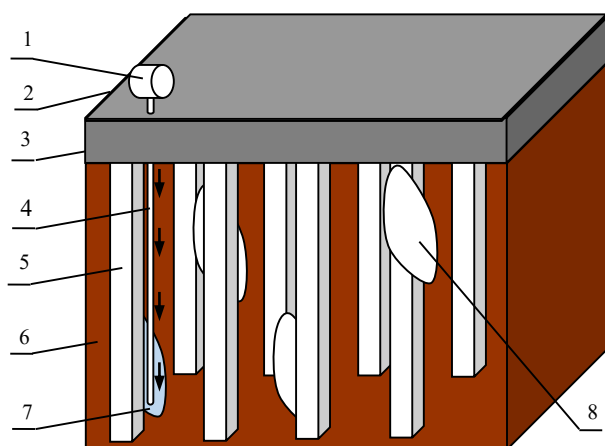
По результатам экспериментальных исследований, использование уплотнения и инъекционного укрепления позволяет увеличить несущую способность до 40%. Это достигается за счет улучшения механических свойств грунта и перераспределения напряжений. Проведение работ по инъектированию фундамента включает его вскрытие, бурение отверстий для установки инъекторов, подключение установки для подачи инъектируемой смеси (рис. 1) [5].

Также, надо уточнить, что усиление несущей способности сваи за счёт инъектирования основано на следующих принципах:

1 - увеличение эффективного напряжения; 2 - уплотнение грунта при снижении уровня грунтовых вод. Это происходит за счёт уменьшения порового давления в грунте.

Кроме того, изменение формы и размеров зоны активного распределения давления на грунт может изменить форму зоны, в которой происходит взаимодействие сваи и грунта, что приведёт к более эффективному распределению нагрузок; 3. Улучшение сцепления за счёт уплотнения и модификации грунта могут повысить сцепление между частицами сваи и грунта, что увеличит несущую способность сваи [1].

Увеличение несущей способности свай за счёт инъектирования в сложных геотектонических грунтовых условиях представляет собой эффективный подход для улучшения фундамента.



1 – инъектор; 2 – гидроизоляция; 3 – ростверк; 4 – труба для нагнетания раствора; 5 – свая; 6 – грунт; 7 – инъектируемая полость с нагнетаемым раствором; 8 – пустоты вблизи свай

Рисунок 1 - Инъектирование свайных фундаментов через ростверк

Применяемые современные технологии уплотнения и инъекционного укрепления свайных фундаментов оказываются наиболее востребованы в районах с повышенной сейсмической активностью для проектирования и строительства устойчивых и надежных оснований [4].

Исследования в этой области с помощью цифровых технологий продолжают развиваться существующим технологиям увеличения несущей способности свай, открывая новые возможности для математического моделирования, что в свою очередь положительно сказывается на снижении стоимости новых разработок, повышению прочности и долговечности зданий и сооружений.

С целью дальнейшего продолжения различных методов усиления свайных фундаментов необходимо произвести сравнительное изучение различных методов данного направления и их влияние на долговечность и устойчивость конструкций, что позволит обеспечить более безопасное и эффективное использование свайных оснований в строительстве.

Среди различных методов усиления свайных фундаментов наиболее часто применяются цементация, битумизация и другие.

Цементация проводится для слабых грунтов таких как песчаники с малым содержанием пылеватых частиц.

Суть её технологии заключается в грунт инъекторов – металлических труб диаметром до 75 мм. В нижней части этих труб в шахматном порядке сверлятся отверстия диаметром до 6 мм с расстоянием между ними 10÷30 мм. Подаваемая по трубам смесь идёт под давлением до 7 атм, которое контролируется с помощью манометров на оголовках инъекторов. При повышении давления на 15÷20 % технологический процесс считается завершённым. Объём инжецируемого раствора обычно принимают равным 0,4÷0,5 от объёма сваи в грунте.

Силикатизация производится для структур грунтов с мелкозернистой глинистой или суглинистой с пылеватыми частицами, лессовидных или плывунов.

Технология её проведения для аналогична цементации, но грунты закрепляют параллельным нагнетанием через две независимые трубы силикатов натрия или калия (жидкое стекло) с 50 % концентрацией и хлористого кальция при удельной плотностью 1,26÷1,28 кг/дм³. Для сильных лессовидных грунтов нагнетают только жидкое стекло (однокомпонентная силикатизация) так как

хлористый кальций заменяют кальциевые соли, имеющиеся в лёссе. Общее количество подаваемого через инжекторы жидкого стекла возрастёт в 3 раза. При работе с пливунами потребуются введение двухкомпонентного раствора жидкое стекло + фосфорная кислота в соотношении 1:3, при этом плотность первого компонента ставит 1,19 кг/дм³, а второго 1,025 кг/дм³.

Битумизация производится для грунтов с сухой песчаной или скальной структурой.

Соответственно смолизация делается в песчаных грунтах.

Технологически эти процессы выполняются через инжекторы, по которым нагнетают смесь карбомидной смолы соляной кислоты, которые взаимодействуя между собой образует гель, заполняющий поры песка и склеивающий его частицы между собой.

Глубинное уплотнение свайных фундаментов производится на насыпных грунтах. Оно выполняется с помощью наклонных или вертикальных набивных свай с подъёмом по мере заполнения обсадных труб – уплотнение грунта происходит гравитационным способом по мере заполнения скважины обсадной трубы.

Очень редко применяется технология термического закрепления (обжига) на обводнённых глинистых грунтах. Такой метод применялся при строительстве фундаментов под тяжёлые прессы на заводе КАМАЗ, когда скважины под набивные сваи готовились с помощью реактивных турбин, опускаемых кранами. Кроме того, могут быть использованы статические технологии, когда в качестве источника тепла используются нагреватели с элементами из сплава хрома и никеля.

В качестве примера методов для проведения ремонтов и усиления фундаментов рассмотрим основные причины их вызывающие.

Необходимость усиления фундаментов обычно вызывается увеличением нагрузки при увеличении нагрузки в здании, как правило, за счёт его надстройки, реже за счёт дополнительного оборудования.

Нарушения в конструкции зданий, появлении трещин в ограждающих конструкциях, нарушения в сцеплении кладочных

материалов, разрушение материалов фундамента, деформации фундаментов в связи с потерей прочности или при неравномерной осадке.

Исходя из конкретных условий, конструкции фундамента, характера деформаций, а также причин их вызвавших, применяются конкретные методы ремонта или усиления фундаментов. Усиление фундаментов может производиться за счёт увеличения площади их подошвы при помощи установки дополнительных свай.

При разработке усиления фундамента максимально используется существующий фундамент с обеспечением его совместной работы с элементами усиления. Несущая способность нового фундамента определяют с учётом новых характеристик прочности и деформаций материалов фундамента, грунтов основания и характеристики свай по результатам пробных испытаний.

Основная суть инъецирования фундаментов при бутовом расслоении, но при сохранившейся конфигурации основана на следующей технологии, которая выполняется инъецированием с использованием жидкого стекла (силикатизация) или цементных растворов (цементация). Подготовка фундамента к инъецированию начинается с его вскрытия, бурения гнёзд инъецирования, установки инжекторов. Гнёзда для установки инжекторов бурят в шашечном порядке на расстоянии до одного метра друг от друга. Диаметр отверстий должен быть на 5 % меньше диаметров отверстий. Давление нагнетания раствора при цементации составляет 1 МПа. Однако общий объём закачиваемого раствора принимается равным 0,3 объёма кладки фундамента.

При силикатизации (рис. 2) растворы вводят жидкого стекла и хлористого кальция вводят в фундамент по одним и тем же инжекторам, но с разницей не более часов. Жидкое стекло вводится под давлением до 0,4 МПа, а хлористый кальций – до 0,5 МПа.

Основными причинами усиления фундаментов в старых зданиях и сооружениях с деревянными сваями являются две: увеличение нагрузок в здании при замене перекрытий; разрушение головных частей свай из-за снижения уровня грунтовых вод.

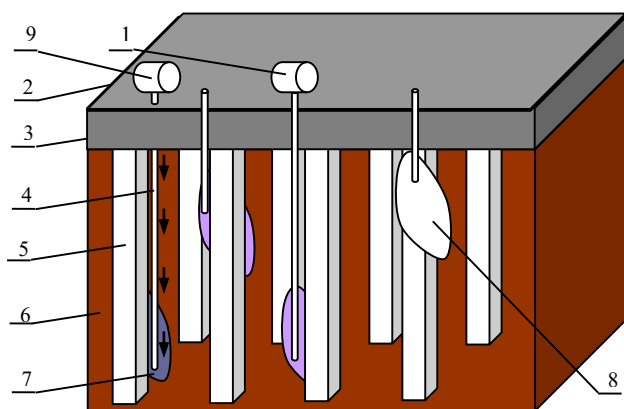
Обычно выбирается струйная технология, которая удовлетворяет по расчётным показателям геологическим и конструктивным требованиям.

Это позволяет исключить работы со сгнившими головными частями деревянных свай.

При этом обеспечивается равномерная передача давления на прочные гравийно-щебёночные ниже расположенные грунты.

Исключения при проведении усилений фундаментов составляют коммуникации, расположенные с наружной стороны здания.

Окончательная стабилизация осадок фундамента происходит при приёме полной новой нагрузки зданием.



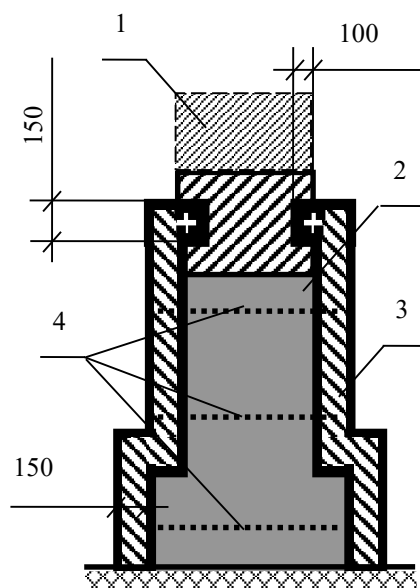
1 – иньектор для жидкого стекла; 2 – гидроизоляция; 3 – ростверк; 4 – труба для нагнетания; 5 – свая; 6 – грунт; 7 – иньектируемая полость с нагнетаемым материалом; 8 – пустоты вблизи свай; 9 – иньектор для хлористого кальция

Рисунок 2 – Силикатизация свайных фундаментов через ростверк

Принимая во внимание неординарность такого усиления, а также спорность некоторых элементов в технологическом процессе, рассмотрим технологию, которая применяется на крупных строительных объектах. Для её реализации используется установка на гусеничном ходу SC-1 фирмы Keller (Германия). Габаритные размеры установки позволяют ей проходить через проёмы шириной свыше 0,8 м и высотой свыше 2,8 м, что позволяет работать в стеснённых условиях. Однако у струйной имеются недостатки: возможность возникновения деформаций фундамента в результате размыва под ним до

набора прочности; высокая стоимость и материалоёмкость; высокая опасность работы при работе с высоким давлением. Усиление фундаментов железобетонной обоймой на бутовых основаниях (рис. 3). При такой конструкции обоймы допускается расслоение кладки, выпадение камней и нарушение конфигурации. Такие усиления обычно выполняются в виде монолитных железобетонных обойм захватками до 2,5 м с двухсторонним отрытием траншей вдоль фундамента.

Железобетонные обоймы для двухстороннего усиления изготавливаются с использованием мелкого гравия толщиной более 0,15 м. Усиление следующего участка производят не менее через 7 суток, для набора 25 % прочности, после окончания бетонирования на предыдущем участке. Последовательно работы выполняются на захватках отстоящих друг от друга не менее 2,5 м. Параллельное выполнение работ допускается на захватках расположенных не ближе 6 м.



1 – существующая стена; 2 – существующий фундамент; 3 – железобетонная обойма; 4 – анкерная связи для усиления основания

Рисунок 3 – Устройство железобетонных обойм

С целью обеспечения жёсткой связи железобетонных обойм с существующим фундаментом через 1,5 м в шашечном порядке через отверстия устанавливаются прутки \varnothing 0,20 м, которые с двух сторон соединяются

арматурными прутками Ø 0,10 м. Железобетонные обоймы могут располагаться с одной стороны, тогда арматурные стержни заделываются цементным раствором.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология строительных процессов / А.А. Афанасьев. – Москва: изд-во АСВ, 2001.

2. Технология строительных процессов / В.И. Теличенко. – Москва: Высш. шк., 2002.

3. Архитектурное конструирование / В.А. Пономарёв. – М.: Архитектура-С, 2008.

4. Технология строительных процессов / Н.Н. Данилов. – Москва: Высш. шк., 1997.

УДК 681.5

Абрамов Юрий Алексеевич, ст. преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» РИ(ф)МПУ, volga383.abramov@yandex.ru

Гейт Александр Викторович, студент РИ(ф)МПУ, volga383.abramov@yandex.ru

МИКРО ЭВМ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

Аннотация: в статье рассматриваются принципы работы МикроЭВМ (микро-электронно-вычислительная машина) в автоматизированных системах управления процессами изготовления систем теплогазоснабжения и вентиляции. Рассмотрены принципы работы и функции Микро ЭВМ. Рассмотрены преимущества внедрения МикроЭВМ (микро-электронно-вычислительная машина), а также их недостатки.

Ключевые слова: Микро ЭВМ (микро-электронно-вычислительная машина), АСУ (автоматизированная система управления), ПЗУ (постоянное запоминающее устройство), ОЗУ (оперативное запоминающее устройство), микропроцессор.

В современном мире, где технологии развиваются стремительными темпами, автоматизированные системы управления становятся неотъемлемой частью производства. Они позволяют оптимизировать процессы,

повысить эффективность и обеспечить точность в различных отраслях промышленности. Особенно это актуально для таких отраслей, как теплогазоснабжение и вентиляция, где точность и оперативность управления процессами играют решающую роль. Одним из ключевых компонентов таких систем являются микро ЭВМ – миниатюрные электронные вычислительные машины, которые играют важную роль в управлении процессами изготовления систем теплогазоснабжения и вентиляции.

Микро ЭВМ (микро-электронно-вычислительная машина) используется в автоматизированных системах управления (АСУ) процессами изготовления систем теплогазоснабжения и вентиляции для автоматизации и оптимизации производственных процессов.

Для этих задач созданы специальные однокристалльные микро-ЭВМ – микроконтроллеры. Они представляют собой интегральные схемы, на которых размещены все необходимые компоненты для управления конкретным устройством.

В состав микроконтроллера входит микропроцессор, который выполняет все необходимые функции. Также на кристалле есть постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) и порты для ввода и вывода информации.

Эти микропроцессоры, как известно, используются в персональных компьютерах. Однако их также применяют для управления технологическими процессами в различных сферах. Существует множество похожих микропроцессоров, которые производятся разными компаниями под другими именами и используются в промышленности, в том

числе для автоматизации систем теплоснабжения.

Микропроцессор сам по себе не способен осуществлять управление. Это всего лишь сложная интегральная схема, предназначенная для определённых целей. Для управления он должен быть интегрирован в состав микроэлектронной вычислительной машины.

В структуре расходов на управляющую вычислительную технику значительную долю занимают затраты на программное обеспечение.

Программное обеспечение для управления технологическими процессами не является универсальным, для каждого процесса требуется своя программа управления.

Программное обеспечение микроконтроллера, микро-ЭВМ для промышленного применения хранится на различных типах носителей: в микросхемах ПЗУ или на магнитных дисках.

В случае необходимости, можно оперативно заменить программу управления на новую, предварительно созданную и сохранённую на программном носителе (например, в ПЗУ).

Микропроцессор выполняет все арифметические и логические операции, формирует команды управления.

Оперативная память – это оперативное запоминающее устройство, которое временно хранит результаты вычислений, пока выполняется определённая команда или группа команд.

ПЗУ – это постоянное запоминающее устройство, которое постоянно хранит в своей памяти всю программу управления или последовательность действий регулятора.

ПЗУ может быть перепрограммируемым, и в этом случае его сокращённо называют ПППЗУ. Если необходимо изменить программу в ПППЗУ, то это можно сделать с помощью специального устройства – программатора. Для этого в микроЭВМ предусмотрен специальный вход для программатора ВП.

Порт ввода и порт вывода микроЭВМ – это специальные схемные структуры, к кото-

рым через аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи подключаются внешние устройства

Важно подчеркнуть, что, хотя системы управления, основанные на микро ЭВМ, сложнее по своей структуре и функциональности, чем системы, созданные на основе транзисторов и логических элементов, они всё же более доступны по цене благодаря современным достижениям в области микроэлектроники.

Оборудование для автоматического регулирования имеет относительно медленный физический износ.

При соблюдении правил эксплуатации и технического обслуживания большинство автоматических устройств имеют срок службы, сопоставимый со сроком морального устаревания основного оборудования. Однако в современных условиях моральное устаревание происходит быстрее, чем раньше, и обычно наступает раньше, чем у основного оборудования.

Несмотря на это, часто оказывается экономически выгодным использовать морально устаревшие средства автоматизации на тех объектах, где они были установлены изначально, и применять новые средства на новых объектах.

В результате в современной промышленности наряду с новейшими средствами автоматизации всё ещё используются относительно старые устройства.

Система управления, использующая микро-ЭВМ, функционирует следующим образом:

1. Датчики, работающие с аналоговыми сигналами, производят сигналы, которые пропорциональны регулируемым параметрам.

2. Аналоговый сигнал, полученный от датчиков, преобразуется в цифровой формат с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

3. Микро-ЭВМ получает информацию от АЦП в цифровом формате и, в соответствии с заложенной программой, определяет, насколько текущие параметры соответствуют заданным.

4. Программа, содержащая информацию о заданном значении, загружается в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) с помощью специального программатора.

5. Если регулируемый параметр отклоняется от заданного значения, то на выходе микро-ЭВМ появляется сигнал в цифровом формате, который поступает на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). В ЦАП сигнал преобразуется из цифрового формата в аналоговый.

Это преобразование требуется, поскольку исполнительные механизмы функционируют под влиянием аналоговых сигналов. Они оказывают воздействие на регулирующие элементы, которые, в свою очередь, регулируют параметры объекта в нужном направлении.

Микро ЭВМ дают возможность собирать информацию и управлять разнообразными устройствами, обеспечивая оптимальные технологические условия функционирования.

Автоматизация производственных процессов создает определенные технико-экономические преимущества.

Прежде всего, происходят изменения в характере и условиях работы на производстве.

Человеческий труд становится более эффективным, а психологическая нагрузка снижается. Теперь люди выполняют только функции по перенастройке автоматических систем и участвуют в ремонтно-наладочных работах.

Сокращается количество сотрудников, необходимых для обслуживания, и расходы на их содержание.

С внедрением средств автоматизации неизбежно повышается производительность труда.

Вследствие внедрения автоматизированных систем происходит снижение себестоимости продукции, увеличение объёмов производства и повышение качества товаров. Также наблюдается уменьшение количества бракованных изделий и отходов производства.

Кроме того, автоматизация позволяет оптимизировать расходы на заработную плату, сырьё и материалы. Особенно важно отметить снижение потребления топлива,

тепловой и электрической энергии, что характерно для систем ТГВ.

Применение автоматизированных систем способствует повышению надёжности оборудования, точности производственных процессов и безопасности труда. Это открывает новые возможности для использования передовых технологий и устройств.

Функции микроЭВМ в АСУ процессами изготовления систем теплогазоснабжения и вентиляции:

1. Сбор данных: собирает данные с датчиков и измерительных приборов, установленных на производстве.

2. Обработка данных: обработка собранных данных и выдача результатов в удобной для восприятия форме.

3. Управление процессами: контролирует производственные процессы, включая запуск и остановку оборудования, а также регулирует параметры процесса.

4. Оптимизация процессов: микроЭВМ может оптимизировать производственные процессы, используя алгоритмы и методы искусственного интеллекта для повышения эффективности и снижения затрат.

5. Мониторинг состояния оборудования: отслеживание состояния оборудования и предупреждать о возможных сбоях или поломках.

6. Управление энергопотреблением: микроЭВМ может оптимизировать энергопотребление, управляя работой оборудования и осветительных систем.

7. Обеспечение безопасности: микроЭВМ может обеспечивать безопасность на производстве, отслеживая параметры окружающей среды и предупреждая о возможных опасностях.

8. Интеграция с другими системами: микроЭВМ может интегрироваться с другими системами управления, такими как системы управления складом или системы управления персоналом, для обеспечения более эффективного управления производством.

Преимущества использования микроЭВМ в АСУ процессами изготовления систем теплогазоснабжения и вентиляции:

- способность оперативно модифицировать программу и алгоритм управления. В случае необходимости можно оперативно заменить программу управления на новую, предварительно подготовленную и записанную на программном носителе.

- сравнительно несложное техническое обслуживание всей системы автоматизации.

- благодаря уменьшению количества внешних связей, параметров конфигурации и подвижных деталей, а также снижению напряжения в блоках обработки данных, система управления становится более стабильной.

- доступность систем управления с использованием микроЭВМ, обусловленная развитием микроэлектроники.

Также микроЭВМ представляют собой устройства, которые можно модернизировать. Это означает, что к ним можно добавлять оперативную память, постоянную память, увеличивать количество портов ввода-вывода и подключать дополнительные микропроцессоры.

Недостатки использования микроЭВМ в АСУ процессами изготовления систем теплогазоснабжения и вентиляции:

- трудности интеграции: интеграция микрокомпьютеров в производственный процесс может оказаться сложной и затратной задачей.

- потребность в обучении сотрудников: работники, взаимодействующие с микроЭВМ, должны пройти подготовку для работы с инновационными технологиями.

- возможность возникновения неполадок: как и любая другая технология, микроЭВМ может столкнуться с техническими проблемами, что может привести к остановке производственного процесса.

Итак, применение микро-ЭВМ в автоматизированных системах управления процессами производства систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха может быть полезным для предприятий, стремящихся повысить эффективность производства, сократить расходы и обеспечить безопасность на производстве.

Однако внедрение микро-ЭВМ может оказаться сложным и затратным процессом, требующим тщательного планирования и подготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: Учеб. для вузов / А.А. Калмаков, Ю.Я. Кувшинов, С.С. Романова, С.А. Щелкунов; под ред. В.Н. Богословского. – М.: Стройиздат, 1986. – 479 с: ил.

2. Мухин О.А. Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: Учеб, пособие для вузов. – Мн.: Выш. шк., 1986 – 304 с.: ил.

3. Управляющая вычислительная техника в системах ТГВ. – URL: https://studopedia.ru/5_3136_upravlyayushchaya-vichislitelnaya-tehnika-v-sistemah-tgv.html

4. Лекция по теме №1 «Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции». – URL: <https://studfile.net/preview/9998717>

УДК 692

Абрамов Юрий Алексеевич, ст. преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» РИ(ф)МПУ, volga383.abramov@yandex.ru

Жигин Артем Вячеславович, студент РИ(ф)МПУ, volga383.abramov@yandex.ru

ЭКО СТРОИТЕЛЬНЫЕ БЛОКИ ИЗ ВТОРСЫРЬЯ

Аннотация: в статье рассматриваются эко строительные блоки из вторсырья и возможность их применения для возведения домов.

Ключевые слова: строительный блок, вторсырье.

1. Введение

Отходы являются одной из основных экологических проблем, которая несет в себе

большую опасность для здоровья людей и сохранения первозданной природы. Современные технологии не позволяют эффективно утилизировать бытовой и производственный мусор [1].

Ежегодно в мире образуется 2,1 миллиарда тонн отходов, примерно 30-40% которых не перерабатываются экологически безопасным способом. Именно поэтому вопрос о повторном использовании отходов стоит остро [2].

Возведение объектов традиционным способом негативно сказывается на состоянии окружающей среды. Например, для деревянных материалов вырубает лес, а с целью производства кирпичей - работают заводы, выделяя вредные выбросы в атмосферу. Но некоторые отходы и мусор можно рассматривать, как сырье для строительства.

Одной из главных практических задач научного исследования становится возможность строительства зданий и сооружений из вторичных ресурсов.

Вторичные ресурсы, используемые в дальнейшем строительстве - называют вторичным сырьем.

На сегодняшний день применение в строительстве старых предметов и ненужных элементов – это вполне рациональный и экологичный подход. При этом можно сократить объемы производства нового сырья и уменьшить огромные масштабы отходов производства.

2. Классификация вторичных ресурсов для строительства

1) Переработанное сырье. К категории переработанного сырья относится термополикарбонат - материал, сделанный из измельченных в крошку старых телевизоров, магнитофонов, телефонов, проводов, микросхем. Авторы технологии утверждают, что он является водостойчивым и не поддается гниению, не обладает специфическим запахом. При производстве блоков используется нетоксичный мусор, поэтому данное жилище вполне безопасно для здоровья.

2) Неперерабатываемые материалы. К ним относятся автомобильные покрышки, которые могут использоваться при заложении фундамента и стен, возведении заборов.

Также для возведения стен могут быть использованы пластиковые бутылки.

3) Прессованное вторсырье. В качестве прессованных отходов можно использовать солому. Конструкция такого жилья представляет собой деревянный каркас с обкладкой по всей его площади соломенными блоками, которые являются основой для стен дома и его утеплителем. После укладки блоков на соломенные стены внутри и снаружи наносится три слоя штукатурки. После этого солома приобретет новую характеристику прочности - не будет гореть, гнить, выветриваться, ломаться.

4) Крупногабаритное вторсырье. К крупногабаритным отходам можно отнести некоторые виды строительного мусора, например, железобетонные трубы. Для постройки домов используют и вышедшие из строя силосы (бункеры для хранения) с плоским или аэрационным дном, в котором должна предусматриваться внутренняя вентиляция. Их стандартная высота в 9 м позволит использовать его в качестве двух- или трехэтажного жилья. Каждый силос изготовлен из оцинкованной стали, что предотвращает коррозию металла.

3. Известные проекты и стартапы в области производства строительных блоков из вторсырья

Сибеле Сестари, специалист по полимерным материалам из Бразилии, научный сотрудник Королевского университета в Белфасте придумала способ, при котором бывшие в употреблении пластики смешивают с другими отходами. Это может быть жмых сахарного тростника или кофе. В результате получается материал для производства черепицы, кирпича и других элементов для строительства. Сейчас её команда работает над созданием строительных блоков из смеси первичного и использованного пластика – цветных ПЭТ-бутылок, полипропилена, полиэтилена – а также конопли, опилок, бетонных отходов и красного шлама. Опыт строительства помещений для обучения из переработанного пластикового кирпича впервые был использован в Кот-д'Ивуаре. Этот

проект, запущенный при поддержке ЮНИСЕФ, позволил нескольким тысячам детей впервые получить место в школе. (рис. 1)

Индийская машиностроительная компания Rhino Machines начала производство строительных блоков Silica Plastic Blocks (рис. 2) – это экологически безопасные кирпичи, для производства которых используются 80% литейной пыли и кварцевого песка, а также 20% пластикового вторсырья.



Рисунок 1 – Классная комната, построенная из пластиковых кирпичей

Запуск производства силикатно-пластиковых блоков стал результатом сотрудничества Rhino Machines и R+D Labs, исследовательским департаментом известного архитектурного бюро R+D Studio. Проект Silica Plastic Blocks призван помочь решить проблему с производственными отходами. Изначально он начался с поручения сократить объемы песчаных отходов литейных цехов индийской компании до нуля. В рамках дальнейших экспериментов и испытаний специалисты Rhino Machines разработали специальные формы, позволяющие изготавливать по новой технологии плитку для мощения дорог и тротуаров. В течение 4 месяцев организации из всевозможных отраслей, включая больницы и предприятия торговли, всевозможные общественные и муниципальные организации, а также простые граждане поставляли на переработку в строительные блоки пластиковые отходы. Всего же за это время удалось собрать порядка 6 тонн пластиковых отходов и 16 тонн отходов литейной промышленности, которые будут пущены на переработку с целью получения стройматериалов [3].

ByFusion, стартап из Лос-Анджелеса, производит огромные машины под названием Blockers, которые спрессовывают куски пластика в стандартные строительные блоки под названием ByBlocks.



Рисунок 2 – Пример блоков Silica Plastic Blocks

Каждый блок ByBlocks имеет размеры 16x8x8 дюймов и выпускается в трех вариантах: ровный, формованный с пазами, чтобы их можно было соединять между собой и в виде комбинации этих вариантов. (рис. 3)



Рисунок 3 – Конструкция, построенная с помощью ByBlocks

По данным Fast Company, ByBlocks приблизительно на 10 фунтов или 4,5 кг легче, чем обычный пустотелый цементный блок. Единственным существенным недостатком ByBlocks является то, что они разрушаются под воздействием солнечного света, но эту проблему можно легко решить, покрыв поверхность блоков краской или другим материалом, устойчивым к атмосферным воздействиям. Такой подход был продемонстрирован в городе Бойсе, штат Ай-

дахо, где бытовые пластиковые отходы (продуктовые пакеты, пузырчатая пленка, контейнеры из-под фаст-фуда и т.д.) были превращены в строительные блоки, из которых было построено небольшое здание в местном парке.

4. Выводы

В результате изучения большого количества вариантов использования вторсырья в строительстве, можно сделать выводы о том, что дома из отходов не требуют больших экономических вложений, а технология их строительства практически не отличается от традиционного возведения зданий.

Самыми распространенными технологиями строительства домов из вторсырья являются:

-каменная кладка - строительная конструкция, состоящая из блоков или камней, уложенных в определённом порядке и связанных строительным раствором (в роли блоков используются бутылки или прессованные блоки соломы);

-каркасное строительство - каркас изготавливается из дерева или металла, а заполнителем стен могут стать «мусорные» блоки;

-модульное строительство - транспортные контейнеры или железобетонные трубы

выступают в роли модуля, на их основе уже возводится объект.

Строительство из вторсырья имеет много преимуществ:

1. вторичное использование отходов, позволяющее уменьшить количество мусора на свалках;

2. «вторая жизнь» отходов, которая помогает сберечь большое количество сырья и энергии;

3. повторное использование отходов играет значительную экологическую роль в защите и сохранении природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка А.С. Гринин, В.Н. Новиков. – Москва: Гранд: Фаир-Пресс, 2002. – С. 25-26.

2. История мусора: от средних веков до наших дней / Катрин де Сильги; пер. с фр. И. Васюченко Г. Зингера. – Москва, 2011. – 57с.

3. Кирпичи из отходов и пыли. – URL: <https://pacs.ru/blog/tekhnologii/kirpichi-iz-otkhodov-i-pyli/?ysclid=m3lxtik8j61321148>

УДК 692

Абрамов Юрий Алексеевич, ст. преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» РИ(ф)МПУ, volga383.abramov@yandex.ru

Лутхов Константин Николаевич, студент РИ(ф)МПУ, volga383.abramov@yandex.ru

СОСТАВНЫЕ ДЮБЕЛИ ДЛЯ АНКЕРОВ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ ГОЛОВКИ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ

Аннотация: данная статья посвящена анкерам, устанавливаемым в ограждающие конструкции зданий с ограниченной несущей способностью, с возможностью снижения нагрузки на материалы дюбельных гнезд этих конструкций за счет увеличения площади контакта. В статье рассмотрен вопрос об эксплуатации составных дюбелей с цилиндрической

головкой. При установке таких конструкций, основную продольную нагрузку воспринимают тела дюбелей, передавая её в зоне контакта на пеносиликатные ограждающие конструкции, а поперечную нагрузку воспринимают от анкера головки, которые в зависимости от диаметра, способны снизить возникающие напряжения до допустимых значений, предотвращающих выкрашивание материала ограждающих конструкций. Кроме того, в статье приведены результаты экспериментальных лабораторных исследований по установке анкеров дюбелям с головками различной формы.

Ключевые слова: составной дюбель, цилиндрическая головка дюбеля, коническая головка дюбеля, головка в виде усечённого конуса, анкер, установка в пеносиликатную конструкцию.

Вопрос обеспечения высокой надежности крепления фасадных систем к ограждающим конструкциям из газобетона и пеносиликата при воздействии повышенных ветровых и сейсмических нагрузок, а также их сочетания, на них требует глубокого изучения этого вопроса для обеспечения безопасности зданий и сооружений.

С учетом невысоких прочностных и деформационных характеристик строительных изделий из газобетона и пеносиликата необходима разработка специальных конструктивных и технологических решений при установке в них дюбелей для анкерных креплений. Существующие способы установки анкерных креплений в газобетонных и пеносиликатных изделиях обладают главным недостатком: высокая концентрация напряжений на входе дюбеля в конструкцию, и как следствие, снижение несущей способности в течение короткого времени из-за значительного нарушения структуры базового материала и невозможности обеспечения равномерности распределения напряжений при установке анкера.

Отсюда становится очевидной необходимость в разработке более совершенной конструкции и технологии для устройства анкерных креплений в газобетоне и пеносиликате с обеспечением стабильно высоких показателей несущей способности наряду с сокращением стоимости и трудоемкости его устройства.

Большой вклад разработку таких решений теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых – Н.И. Ватина, В.В. Верстова, В.П. Вылегжанина, А.В. Грановского, Г.И. Гринфельда, А.А. Давидюка, Ю.Н. Казакова, Д.А. Киселева, В.А. Кузьмичева, Н.О. Куликовой, А.С. Малинкина, А.П. Меркина, В.И. Морозова, С.Н. Панарина, В.А. Пинскера, А.Е. Пискуна, А.Ф. Питулько, Л.А. Прокудиной, Ю.В. Пухаренко, С.Б. Сапожников, Г.И. Шапиро, R. Eligehausen, I. Ioannou, G. Schober и др. Однако, данные исследования относятся к эпохе СССР. После 1991 российский рынок строительных элементов интенсивно заняли зарубежные фирмы, в результате чего проведение научных исследований по анкерам в значительной мере сместилось в область горнорудной отрасли, которая финансировала

проведение исследований по различным видам анкеров [2, 3, 4, 5, 6].

Целью данной работы является повышение несущей способности анкеров, так как с ростом высотного домостроения, а также домов с облегчённой конструкцией на основе пеносиликата и пенобетона для установки различных внешних и внутренних ограждений в зданиях приходится использовать анкеры с искусственным усилением их гнёзд. То есть при установке анкеров в дюбель производится накачка клеевой массы, которая проходя через него насыщает объём вокруг него, и застывая там укрепляет в стене гнездо дюбеля [7, 8].

В известных способах установки анкерных болтов, например, пат. Японии JPH № 08247119, F16B 13/04, пат. РФ № 2 363 864, F16B 13/14, E04B 1/41, существенным недостатком является низкая надежность крепления анкерного болта из-за недостаточной прочности материалов ограждающих конструкций в передней части установки дюбеля, откуда вставляется анкер, это связано с тем, что дюбель имеет постоянное сечение, которое в задней части достаточно для клеевого удержания дюбеля. Также известен способ установки анкеров методом нагнетания клеевой композицией, пат. РФ 2 580 494 F16B 11/00, в нём обеспечивается высокая прочность за счёт внедрения клеевой массы в пористую структуру ограждающих конструкций. Однако, недостатком данного способа установки анкера является высокая энергоёмкость данного крепления [8, 9, 10].

Общая технология установки ступенчатых дюбелей существенно отличается от установки обычных тем, что отверстие готовится в два этапа:

первый – сверление в ограждающей конструкции производится обычным сверлом диаметра тела дюбеля с минусовым допуском переходных посадок на всю глубину установки составного дюбеля;

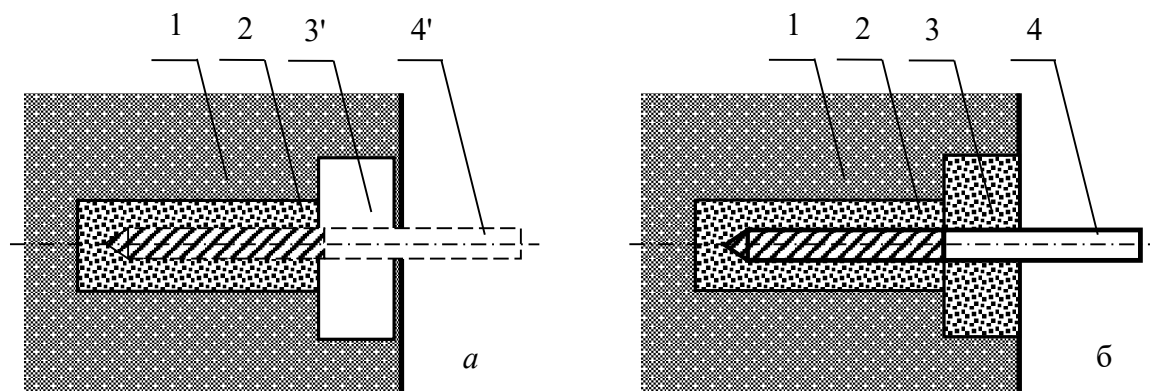
второй – производится сверление сверлом номинального диаметра на глубину установки головки дюбеля.

В первом случае производится установка дюбелей в отверстия на жидкий клей выполняющий роль смазки и одновременным

заполнением пор между телом дюбеля и материалом отверстия в ограждающей конструкции. Во втором случае установка головки дюбеля производится с наличием возможных зазоров, заполняемых клеем и подтяжкой анкером.

Данная техническая задача по повышению надежности крепления и снижению энергетических затрат при установке анкеров с возможностью установки дополнительной звукоизоляции базового пористого материала

в конструкции здания решается тем, что дюбель состоит из двух частей: тела, которое устанавливается в базовый пористый материал в отверстие небольшого диаметра на клеевой основе и предназначенное для удержания анкера в продольном направлении; головки, которая распределяет нагрузку анкера, воспринимаемую им, в поперечном направлении (рис. 1).



a – установка тела дюбеля в газобетон; *б* – установка цилиндрического оголовка дюбеля в газобетон; 1 – газобетон; 2 – тело анкера; 3' – отверстие в газобетоне под оголовок анкера; 3 – оголовок дюбеля в газобетоне; 4' – условное положение анкера; 4 – рабочее положение анкера в составном дюбеле с цилиндрической головкой

Рисунок 1 – Фазы установки тела и цилиндрической головки дюбеля с анкером

Для проведения испытаний была использована методика Выдрицкой М.П. по планирование экспериментальных исследований анкерных систем [1]. В качестве изменяемых факторов на первом этапе исследований было рассмотрено влияние

диаметров анкеров при постоянном \varnothing равного 10 мм цилиндрического тела дюбеля и постоянном $\varnothing = 10$ мм цилиндрической головки дюбеля. Результаты испытания тонких анкеров (разница в диаметрах групп получалась ручной сортировкой с абразивной доводкой 0,2 мм) приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Суммарная деформация тонких анкеров в составных дюбелях с цилиндрическими телом и головкой

№ образца и приращение	Нагрузка			
	0 нагрузки	1 груз (2 кг)	2 груза (4 кг)	3 груза (6 кг)
3	0	0,45	1,05	1,57
Δ	0,45	0,60	0,52	
2	0	0,37	0,87	1,31
Δ	0,37	0,50	0,44	
8	0	0,39	0,79	1,29
Δ	0,39	0,41	0,50	
средние значения	0	0,41	0,91	1,39
	0,41	0,50	0,48	0,46/2 = 0,23

Графически результаты эксперимента представлены на рис. 2.

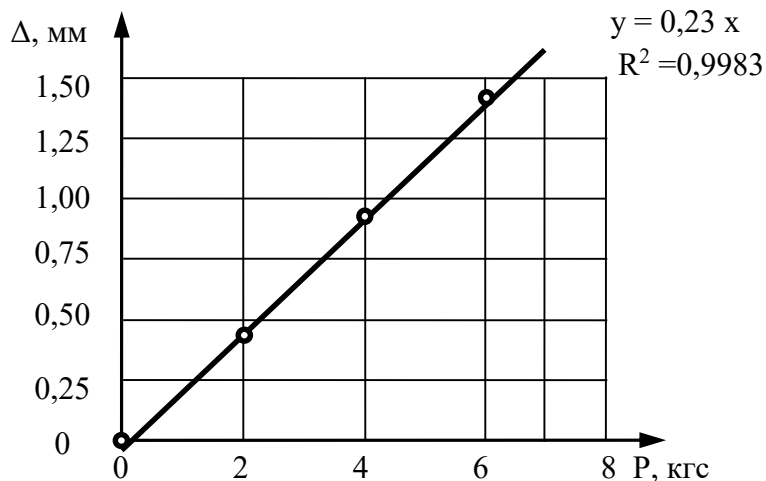


Рисунок 2 – Суммарная деформация тонких анкеров в составном дюбеле с цилиндрической головкой Ø 20 мм от нагрузки

Результаты испытания средних по толщине анкеров представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Суммарная деформация средних анкеров в составных дюбелях с цилиндрической головкой

№ образца и приращение	Нагрузка			
	0 нагрузки	1 груз (2 кг)	2 груза (4 кг)	3 груза (6 кг)
5	0	0,34	0,77	1,10
Δ	0,34	0,43	0,43	
6	0	0,32	0,74	1,15
Δ	0,32	0,42	0,41	
7	0	0,32	0,79	1,18
Δ	0,32	0,47	0,39	
средние значения	0	0,33	0,80	1,16
	0,33	0,42	0,41	0,39/2 = 0,19

Величина средних приращений является коэффициентом в уравнении регрессии при значении функции, деленной на величину шага нагрузки.

Графически результаты эксперимента со средними по диаметру анкерами представлены на рис. 3.

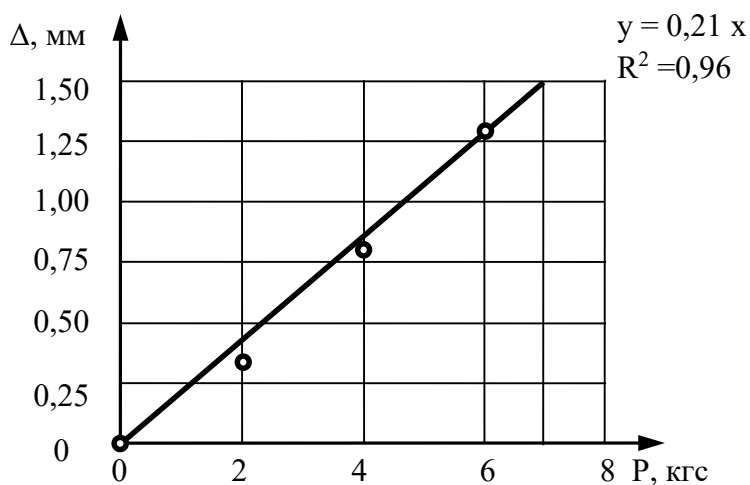


Рисунок 3 – Суммарная деформация средних анкеров в составном дюбеле с цилиндрической головкой Ø 20 мм от нагрузки

Последними в той серии опытов были эксперименты с «толстыми» анкерами (анкеры, которые не подвергались абразивной

доводке и имели стандартный диаметр проволоки для изготовления анкеров). Результаты испытания «толстых» диаметров анкеров представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Суммарная деформация «толстых» анкеров в составных дюбелях с цилиндрической головкой

№ образца и приращение	Нагрузка			
	0 нагрузки	1 груз (2 кг)	2 груза (4 кг)	3 груза (6 кг)
1	0	0,34	0,73	1,09
Δ	0,34	0,39	0,36	
4	0	0,35	0,67	0,97
Δ	0,35	0,32	0,30	
9	0	0,35	0,69	1,15
Δ	0,35	0,34	0,46	
средние значения	0	0,35	0,70	1,07
	0,35	0,35	0,37	$0,35/2 = 0,17$

Как и в предыдущих испытаниях полученное среднее значение деформации анкера с составным дюбелем в установочном отверстии газобетонного материала изменяется по линейному закону с коэффициентом при аргументе 0,17, что свидетельствует о практически линейном характере изменения.

Соответственно и напряжения в парах сопряжений анкер – головка дюбеля и дюбель – установочное отверстие возрастают незначительно за счет уменьшения толщины анкера и в основном месте сопряжения анкер – головка дюбеля, где интенсивность деформации последней определяется изменением диаметра анкера.

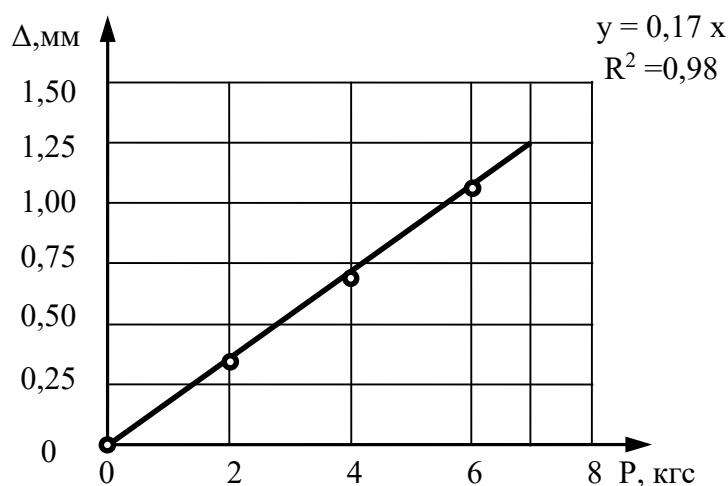


Рисунок 4 – Суммарная деформация «толстых» анкеров в составном дюбеле с цилиндрической головкой от нагрузки

Подводя итог лабораторным испытаниям составных дюбелей с цилиндрическими головками, представленными на рис. 5, можно отметить, что диаметр анкера сильнее

влияет на деформацию материала головки дюбеля, чем на материал установочное отверстие в газосиликате.

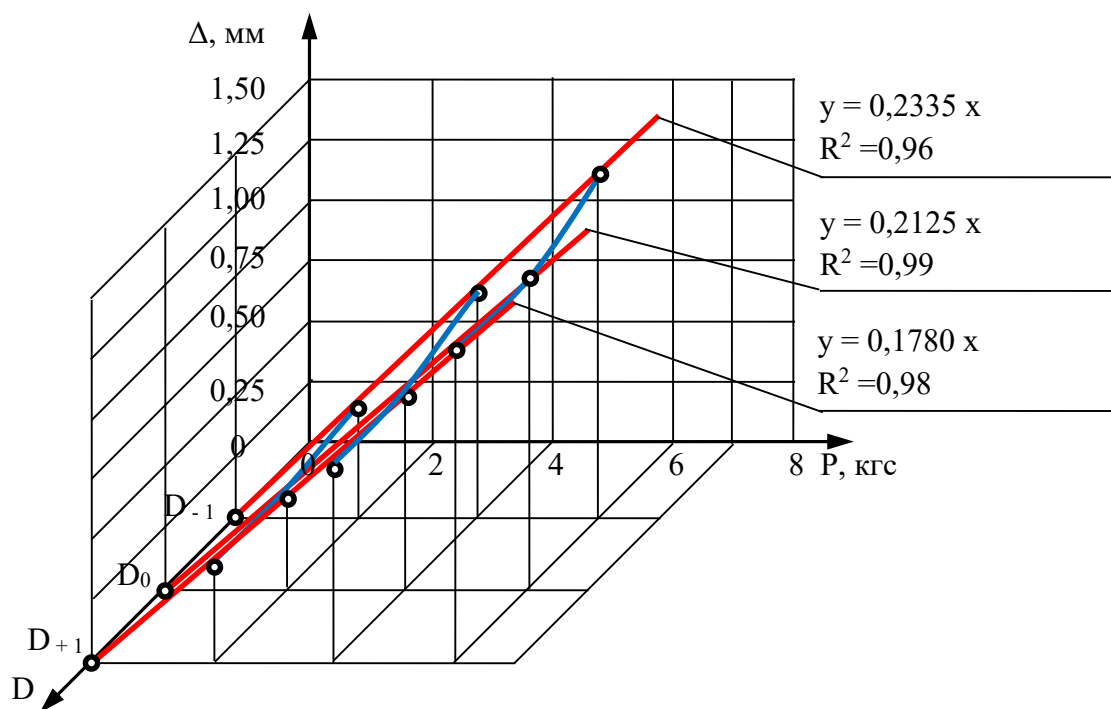


Рисунок 5 – Суммарная деформация анкеров в составных дюбелях с цилиндрическими головками от нагрузки

Таким образом, поставленная задача о снижении разрушаемости материала ограждаемой конструкции достигнута

В поперечном сечении полученной поверхности наблюдается слабо выраженное возрастание по кривой второго порядка, но учитывая, что уменьшение диаметра анкера ведёт к потере прочности самим анкером (разрушение), это уменьшение практического интереса не представляет в обычных конструкциях.

Обеспечение надежности крепления различных фасадных конструкций к внутренним и внешним ограждающим конструкциям здания, выполненным из газобетона, пеносиликата или гипсолита при воздействии различных нагрузок на них для обеспечения надёжности постоянно нуждается в глубоком практическом и теоретическом исследовании.

Основной проблемой этих конструкций являются их невысокие механические характеристики, поэтому при использовании строительных элементов из газобетон, пеносиликата или гипсолита необходима разработка особых конструкторских и технологических решений для устройства в них

анкерных креплений. Существующие конструкции и способы устройства анкерных креплений в газобетонных изделиях имеют ряд существенных недостатков:

- уменьшение несущей способности в течение эксплуатации;
- изменение структуры базового материала при установке анкера;
- невозможность обеспечения достаточной зоны закрепления распределителя нагрузки (дюбелей) в базовом материале;
- невозможность совмещения функций (несение нагрузки, теплоизоляции, звукоизоляции и др.);
- сложность замены при совмещении функций.

Поэтому, явно просматривается необходимость в разработке более совершенных конструкторских и технологических решений устройства анкерных креплений в газобетоне для обеспечения высоких и стабильных показателей несущей способности крепления наряду с сокращением стоимости и трудоёмкости его устройства.

Существенный вклад в развитие таких конструкций внесло появление деревянных

дюбелей, которые устанавливаются в цилиндрические отверстия чуть меньшего диаметра в конструктивном элементе здания. Передняя часть деревянного дюбеля немного заострялась для начального введения в отверстие, а при забивке дюбеля в отверстие происходило его боковое обжатие. Затем во внутреннее отверстие (если $\sigma_{\text{сж попер}} > 300 \text{ кгс/см}^2$ (осина, дуб, клён), (если $\sigma_{\text{сж попер}} < 300 \text{ кгс/см}^2$ (береза, липа, ель) внутреннее отверстие в дюбелях для шурупов не делалось) ввинчивался анкер, который при этом расклинивал дюбель.

В последнее время, когда дюбели в основном стали изготавливаться из полимерных материалов, для надёжности сцепления поверхности дюбеля с конструкцией элементов здания стали использовать клей.

Данное развитие установки дюбелей методом высокого нагнетания привело к тому, в конструкциях с невысокими механическими характеристиками после введения клеевой массы и её затвердевания стали образовываться конусы уплотнения с высокими механическими характеристиками. Однако, как показала практика, введение в конструкцию зданий элементов с пониженной пропускной способностью звука, не гасит его в требуемом объёме, что требует установки дополнительных элементов. Поэтому требуются дополнительные функции от анкеров. Кроме того, использование дорогих синтетических клеев, а также достаточно энергоёмкого и дорогого оборудования для создания давления в магистрали подачи клея через сопла в дюбель, значительно повышает стоимость работ по установке анкеров.

Поэтому в качестве дюбелей предлагается использовать веточные отходы лесозаготовительного производства, сертифицированные по вновь разработанному ГОСТ, или используя параметры из ГОСТ 27320 – 87.

Основной особенностью новых требований к вновь разрабатываемым дюбелям является то, что они должны состоять из двух частей: тела – воспринимающего продольную нагрузку; оголовка – воспринимающего поперечную нагрузку и распределяющего по опорной поверхности пористого элемента конструкции здания. Первой производится установка тела дюбеля с внутренним центри-

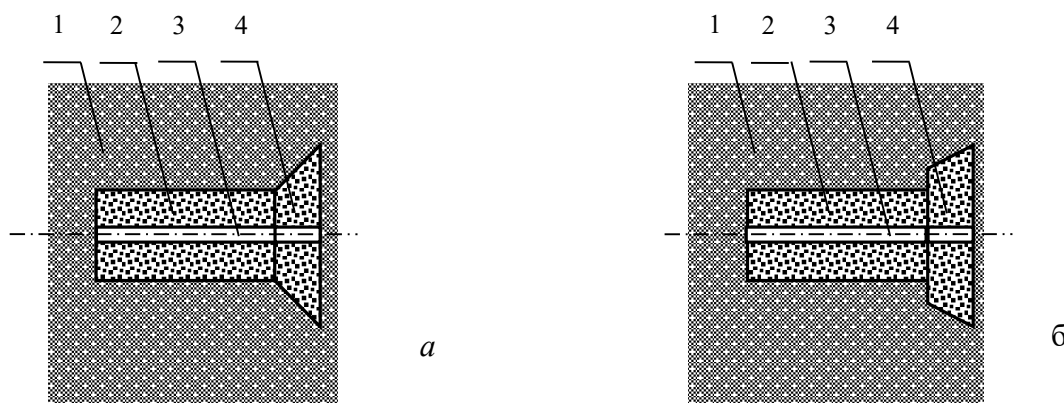
рованным отверстием, на наружную поверхность которого наносится клеевой слой. Этот слой обеспечит прочное соединение тела с внутренним цилиндрическим отверстием в пористом материале. Далее устанавливается оголовок с внутренним центрированным отверстием, на наружную поверхность которого, также, как и у тела нанесен клей. Оголовок вставляется во внутреннее отверстие большего диаметра примерно в 2÷3 раза, чем диаметр отверстия под тело дюбеля. Его наружная поверхность также смазывается клеем. В данной статье рассматриваемые поверхности оголовков имеют коническую образующую, получая следующие сопряжения:

- коническое – сопряжение наружной цилиндрической поверхности тела происходит по линии с конической наружной поверхностью оголовка без образования ступеньки (рис. 6а);

- усечено-коническое – сопряжение наружной цилиндрической поверхности тела происходит по промежуточной перпендикулярной плоскости с конической наружной поверхностью оголовка с образованием ступеньки (рис. 6б).

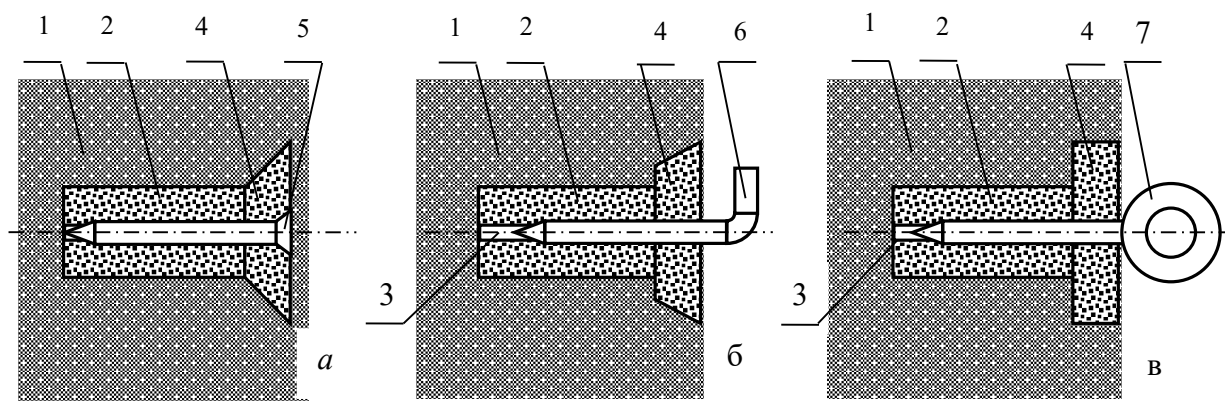
Учитывая то, что тело и оголовок дюбеля являются телами вращения, их внутренние центрированные отверстия окажутся на одной оси, если они устанавливаются во внутренние центрированные отверстия пористого элемента конструкции здания (МАПР – метод автоматического получения размера, в данном случае автоматически получается соосность собираемого узла) [15]. При этом если тело дюбеля установлено по посадке с натягом, то оголовок ставится по свободной посадке, что позволяет при ввинчивании анкера оголовку сделать упор наружной поверхностью сопряжения в сопрягаемую пористую поверхность конструкции, а анкер его подтянет к сопрягаемой поверхности тела дюбеля его оголовка.

В результате установки анкеров будут получены конструкции, представленные на рисунке 7 с режимом принудительной фиксации анкера в заданном положении с помощью гайки. Кроме того, фиксация анкера в дюбеле с помощью гайки позволяет фиксировать его длину на заданную величину.



a – установка конического оголовка дюбеля; *б* – установка усечённого конического оголовка дюбеля;
1 – газобетон; 2 – тело дюбеля;
3 – отверстие в составных частях дюбеля; 4 – оголовок дюбеля

Рисунок 6 – Вторая фаза – установка конических оголовков составных дюбелей (без установки анкеров)



a – анкер в дюбеле с коническим оголовком; *б, в* – анкеры в дюбеле с усечённым коническим оголовком; 1 – газобетон; 2 – тело дюбеля; 3 – отверстие в составных частях дюбеля; 4 – оголовок дюбеля; 5 – анкер с потайной головкой; 6 – анкер с крючком; 7 – анкер с кольцом

Рисунок 7 – Параметры анкеров в сборе с двух компонентными дюбелями для крепления

Особенностью установки конических головок дюбелей является то, что при упоре в коническую поверхность отверстия ограждающей конструкции и продолжении затягивания анкера через сквозное отверстие со свободной посадкой анкер начинает вытягивать тело дюбеля, если между ним и головкой имеется зазор. Поэтому тело дюбеля на входе имеет конус, а основной наружный диаметр сопрягается с посадочным отверстием на условиях самостоятельного прессования в радиальном направлении на $10 \div 15 \%$, для сжатия в отверстии с последующим разжимом вворачиваемым анкером.

Проведённые исследования по полным и усечённым конусам показали следующие результаты деформации анкерных креплений. При проведении испытаний использовались анкеры с механической абразивной доработкой снятия по $0,2$ мм (на диаметр). Первыми были проведены исследования на дюбелях полными конусами с «тонкими» анкерами, приведёнными в табл. 4 и рис. 8.

Полученное среднее значение приращение деформации на 1 кгс нагрузки является коэффициентом регрессионного линейного уравнения, т.к. в данном случае исследование

ведётся в зоне упругих деформаций и для анализа достаточно лишь сравнительной деформации.

Вторыми экспериментами были исследования полных конусов со «средними» по

толщине анкерами и составными дюбелями с головкой в виде конуса, результаты которых представлены в табл. 5 и рис. 9.

Таблица 4 – Суммарная деформация «тонких» анкеров в составных дюбелях с головкой в виде конуса

№ по рандомизации	Величина деформации			
	0 нагрузка	1 груз (2 кг)	2 груза (4 кг)	3 груза (6 кг)
2	0	0,110	0,185	0,285
Δ	0,110	0,075	0,100	
7	0	0,097	0,162	0,260
Δ	0,097	0,065	0,098	
8	0	0,108	0,176	0,268
Δ	0,108	0,068	0,092	
средние значения	0	0,105	0,174	0,271
	0,105	0,069	0,097	0,090/2 = 0,045

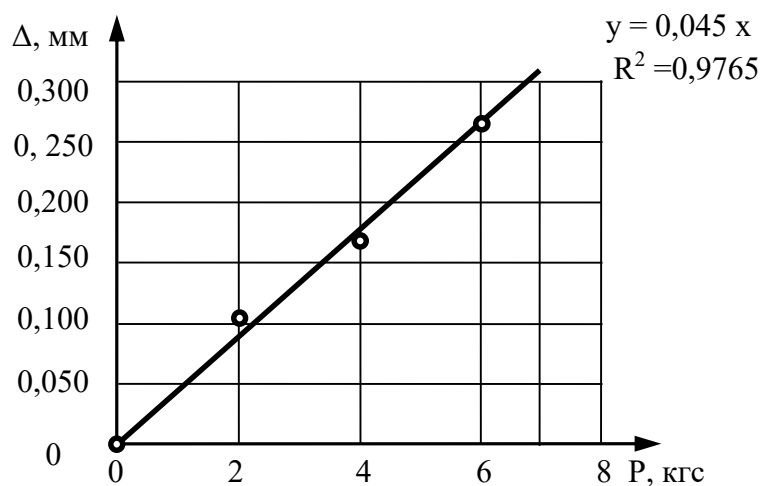


Рисунок 8 – Суммарная деформация «тонких» анкеров в составном дюбеле с головкой в виде полного конуса от нагрузки

Таблица 5 – Суммарная деформация «средних» анкеров в составных дюбелях с головкой в виде конуса

№ по рандомизации	Величина деформации			
	0 нагрузка	1 груз (2 кг)	2 груза (4 кг)	3 груза (6 кг)
1	0	0,077	0,161	0,252
Δ	0,077	0,084	0,091	
4	0	0,081	0,152	0,240
Δ	0,081	0,071	0,088	
5	0	0,097	0,176	0,245
Δ	0,097	0,079	0,069	
средние значения	0	0,085	0,163	0,245
	0,085	0,078	0,082	0,082/2 = 0,041

Полученные значения деформаций возрастают в табл. 6, 7, 8 и рис. 9, 10, 11 это показывает, что с уменьшением диаметра анкера материал дюбеля деформируется сильнее, что связано с тем материал дюбеля имеет допустимые напряжения сжатия $[\sigma_d]$

значительно меньше допустимых напряжений сжатия анкера $[\sigma_A]$. Это связано с анизотропией дюбелей, которые вдоль волокон имеют $[\sigma_{двв}] \approx 600 \div 700 \text{ кгс/см}^2$, а поперёк волокон $[\sigma_{дпв}] \approx 600 \div 700 \text{ кгс/см}^2$.

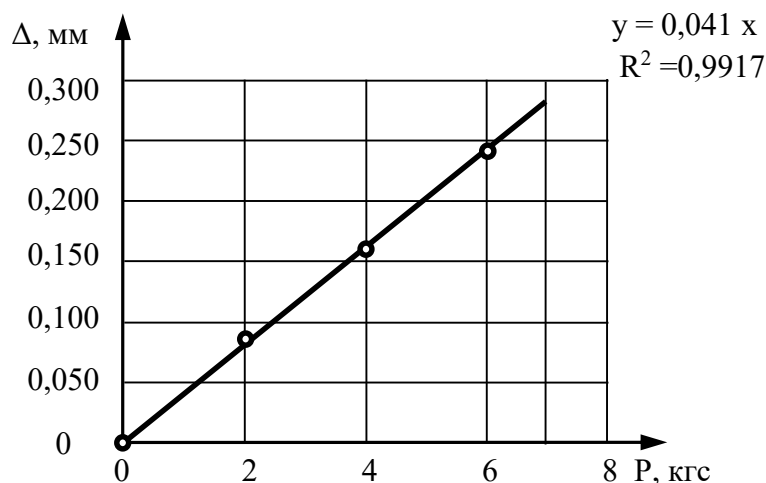


Рисунок 9 – Суммарная деформация «средних» анкеров в составном дюбеле с головкой в виде конуса от нагрузки

Таблица 7 – Суммарная деформация «толстых» анкеров в составных дюбелях с головкой в виде конуса от нагрузки

№ по рандомизации	Величина деформации			
	0 нагрузки	1 груз (2 кг)	2 груза (4 кг)	3 груза (6 кг)
3	0	0,049	0,106	0,178
Δ	0,049	0,056	0,073	
6	0	0,068	0,150	0,227
Δ	0,068	0,082	0,077	
9	0	0,076	0,135	0,218
Δ	0,076	0,059	0,083	
средние значения	0	0,064	0,130	0,208
	0,064	0,066	0,078	0,069/2=0,035

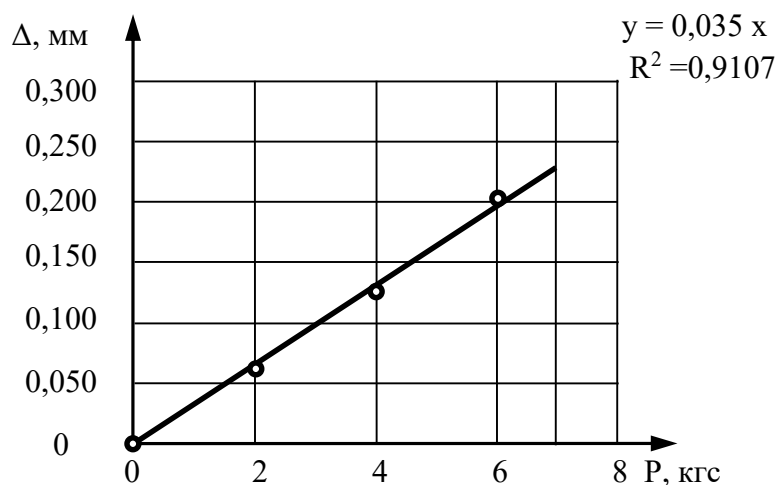


Рисунок 10 – Суммарная деформация «толстых» анкеров в составном дюбеле с головкой в виде конуса от нагрузки

Рассматривая коэффициенты уравнений y , показанных на рис. 8, 9 и 10, можно отметить, что с увеличением диаметра анкеров, деформации дюбелей уменьшаются, что свя-

зано с уменьшением напряжений в зоне контакта (рис. 11). Наиболее удобно это уменьшение будет описать степенной функцией $z = 0,3153 y^{-1,872}$ с достоверностью $R^2 = 0,9268$.

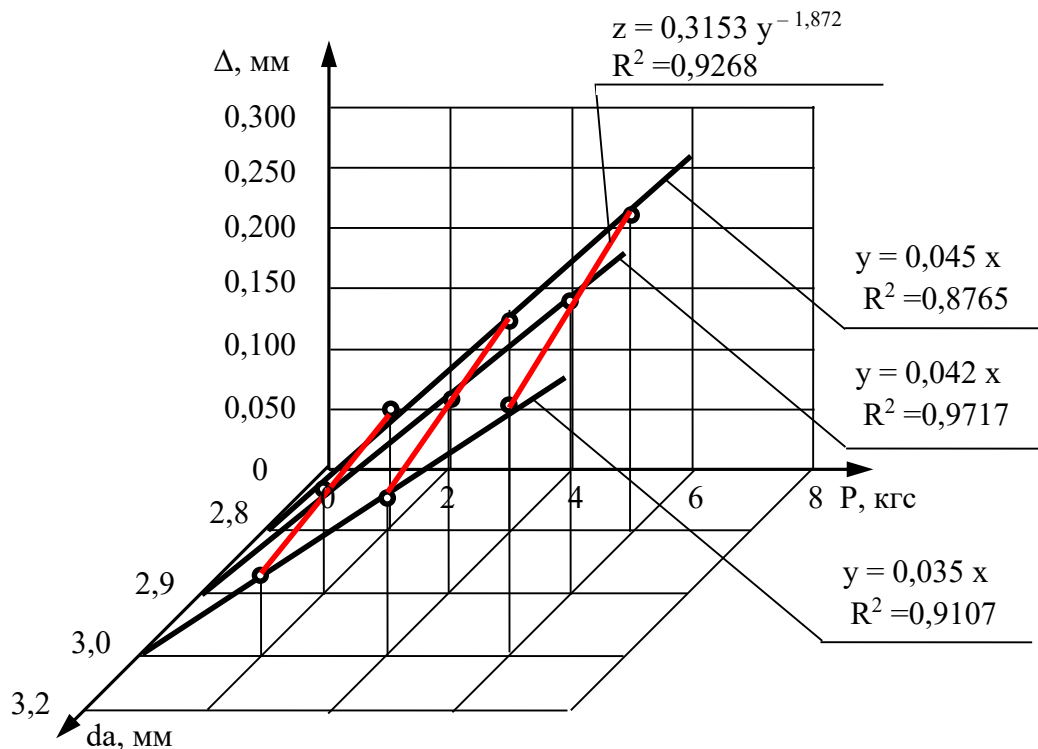


Рисунок 11 – Итоговые деформация анкеров в составных дюбелях с коническими головками от нагрузки

Второй серией экспериментов были исследования усечённых конусов с тонкими по толщине анкерами и составными дюбелями с

головками показанными на рис. 10б. Их результаты представлены в табл. 8 и рис. 12.

Таблица 8 – Суммарная деформация «тонких» анкеров в составных дюбелях с головкой в виде усечённого конуса от нагрузки

№ по рандомизации	Величина деформации			
	0 нагрузки	1 груз (2 кг)	2 груза (4 кг)	3 груза (6 кг)
1	0	0,075	0,160	0,235
Δ	0,075	0,085	0,075	
8	0	0,078	0,154	0,240
Δ	0,078	0,076	0,086	
9	0	0,085	0,164	0,237
Δ	0,085	0,079	0,073	
средние значения	0	0,079	0,159	0,237
	0,079	0,080	0,078	0,079/2=0,0395

Полученные значения деформаций у головок с усечённым конусом несколько меньше, чем у чисто конусных головок дюбелей, связано с увеличением площади опорной поверхности в перпендикулярном направле-

нии к оси анкера, что может являться направлением для дальнейших исследований. Это может связано, как с углами установки анкеров перпендикулярно ограждающей конструкции, так и с положительными и отрицательными углами установки анкеров.

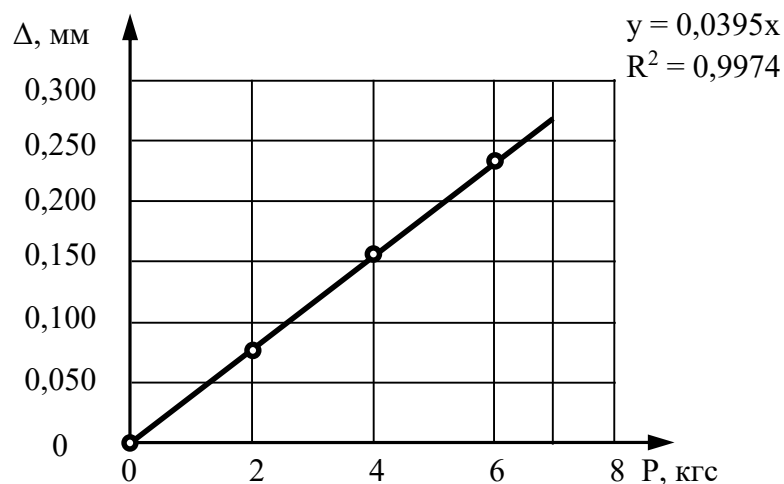


Рисунок 12 – Суммарная деформация «средних» анкеров в составном дюбеле с головкой в виде усечённого конуса от нагрузки

Следующей группой экспериментов с дюбелями имеющими конусные головки составных дюбелей с анкерами «средних» диаметров, определялись деформации от нагрузки, результаты которых приведены в табл. 9 и на рис. 13

Таблица 9 – Суммарная деформация «средних» анкеров в составных дюбелях с головкой в виде усечённого конуса от нагрузки

№ по рандомизации	Величина деформации			
	0 нагрузки	1 груз (2 кг)	2 груза (4 кг)	3 груза (6 кг)
3	0	0,068	0,156	0,227
Δ	0,068	0,088	0,071	
5	0	0,057	0,140	0,223
Δ	0,057	0,083	0,083	
7	0	0,065	0,150	0,223
Δ	0,065	0,085	0,073	
средние значения	0	0,064	0,149	0,224
	0,063	0,085	0,075	0,074/2=0,037

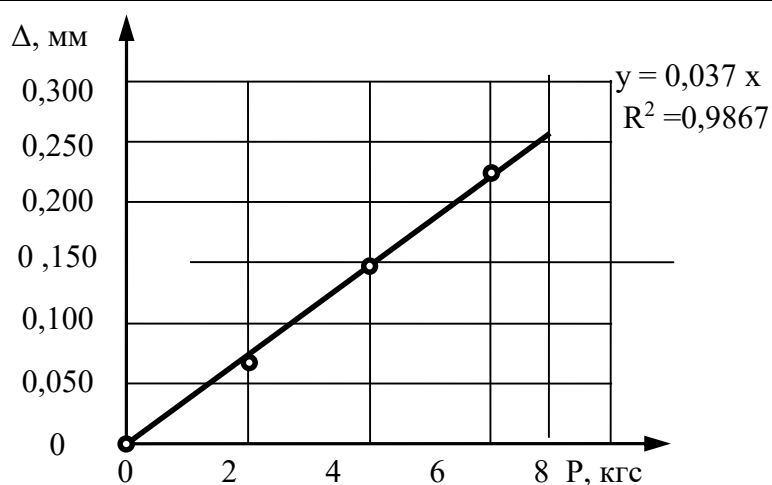


Рисунок 13 – Суммарная деформация «средних» анкеров в составном дюбеле с головкой в виде усечённого конуса от нагрузки

Третьей группой экспериментов с дюбелями имеющими конусные головки составных дюбелей с анкерами «толстых»

диаметров, определялись деформации от нагрузки (табл. 10 и на рис. 14).

Таблица 10 – Суммарная деформация «толстых» анкеров в составных дюбелях с головкой в виде усечённого конуса от нагрузки

№ по рандомизации	0 нагрузки	1 груз (2 кг)	2 груза (4 кг)	3 груза (6 кг)
2	0	0,050	0,124	0,212
Δ	0,050	0,074	0,088	
4	0	0,061	0,132	0,199
Δ	0,061	0,071	0,067	
6	0	0,066	0,138	0,206
Δ	0,066	0,072	0,068	
средние значения	0	0,059	0,131	0,205
	0,059	0,072	0,074	0,074/2=0,034

Рассматривая коэффициенты уравнений у для головок дюбелей в виде усечённых конусов, показанных на рис. 11, 12 и 13, можно отметить, что с увеличением диаметра анкеров, деформации дюбелей уменьшаются незначительно по сравнению с головками дюбелей в виде конуса, это связано с тем, усечённый конус воспринимает нагрузки с большей эффективностью, чем обычный конус, поэтому напряжения в зоне контакта меньше (рис. 15).

Данный процесс удобно описать степенной функцией $z = 0,1126 y^{-1,024}$ с достоверностью $R^2 = 0,9768$.

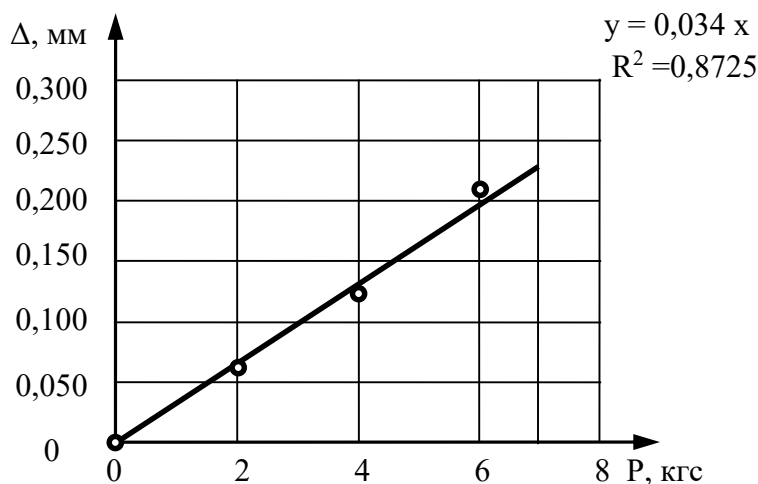


Рисунок 14 – Суммарная деформация «толстых» анкеров в составном дюбеле с головкой в виде усечённого конуса от нагрузки

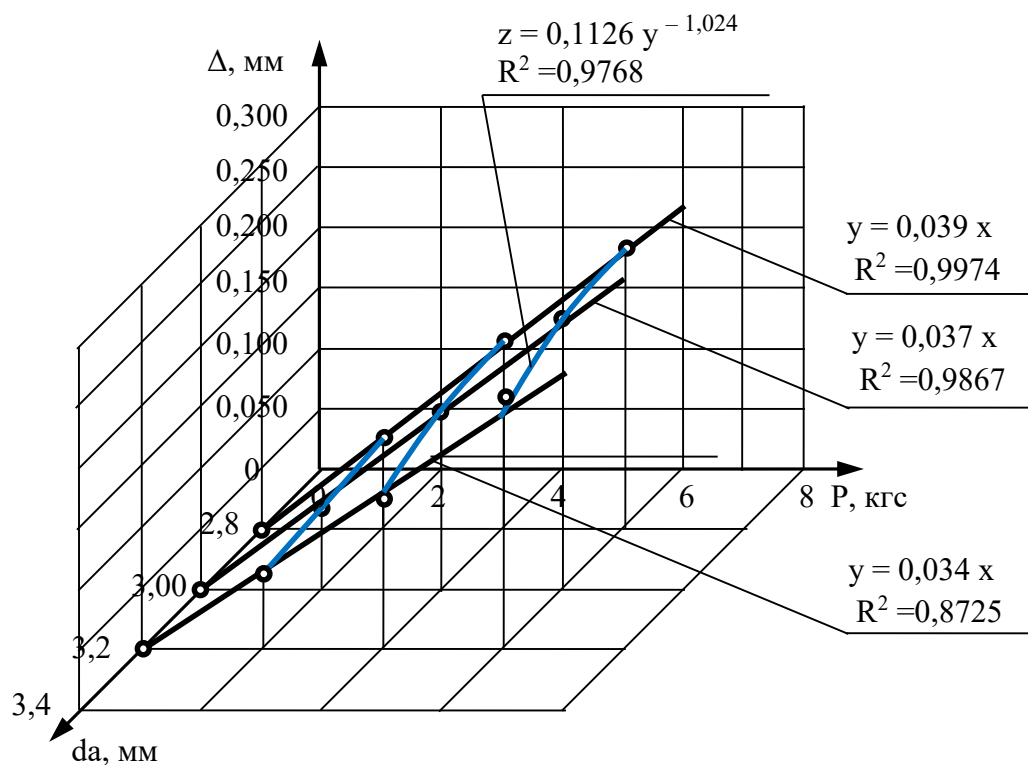


Рисунок 15 – Итоговые деформация анкеров в составных дюбелях головками в виде усечённого конуса от нагрузки

Таким образом, используя двухкомпонентные дюбели в виде конуса и усечённого конуса, можно достигать заданной величины деформации под нагрузкой с учётом от сложности клеевой запрессовки, вида клея, вида пористого материала ограждающей конструкции здания. Главным достоинством головок дюбелей в виде конуса или усечённого конуса является установка анкеров под заданным углом к ограждающей конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент Японии JPH № 08 247 119, F16B 13/04.
2. Патент РФ № 2 363 864, F16B 13/14, E04B 1/41.
3. Патент РФ № 2 580 494 F16B 11/00.
4. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – Учебник для втузов. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. – 6-е изд. перераб. и дополнен. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
5. Арыстан И.Д., Баизбаев М.Б., Матаев А.К., Ардашев Р.М. Анкерное крепление подготавливающих выработок на рудных месторождениях // Вестник науки и образования № ..., часть 3, 2019 г. – С.
6. Рыков С.Г. Анкерные крепления: о чём говорят испытания? / Крепёж, клеи, инструмент и ... № 4 (54), 2015 г. – С. ... - ... info@fastinfo.ru.
7. Патент РФ 2 112 892 F16B 13.06.
8. Выдрицкая М.П. Методика и планирование экспериментальных исследований анкерных систем // Строительство и технологическая безопасность. 2010. Вып. 33-34. Разд. 2. С. 65 – 76.
9. Гречишкин П.В., Разумов Е.А., Зяятднов Д.Ф., Чугайнов С.С. Современные технологии двухуровневого анкерного крепления. Перспективы применения при отработке рудных месторождений полезных ископаемых в различных горно-геологических условиях // Горно-информационный бюллетень. 2016. № 10. – С. 182 – 200.
10. Еременко В.А., Разумов Е.А., Зяятднов Д.Ф., Позолотин А.С., Прохвятилов С.А., Красилов С.Ю. Совершенствование двухуровневой технологии анкерного креп-

ления широких сопряжений горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. – № 5. – С. 20 – 30.

11. Еременко В.А., Разумов Е.А., Зяятднов Д.Ф. Современные технологии анкерного крепления // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. – № 5. – С. 38 – 46.

12. Зубков А.А., Калмыков В.Н., Кутлубаев И.М., Найдёнова М.С. Обоснование характеристик анкерных крепей фрикционного типа // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. – № 10. – С. 35 – 43. DOI: 10,25018/0236-1493-2019-10-035-43.

13. Крамаджан А.А., Русин Е.П., Стажевский С.Б., Хан Г.Н. О повышении несущей способности грунтовых анкеров с гибкой тягой // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2014. № 6. С. 96 – 106.

14. Малинин А.Г., Смирнов А.Н., Малинин Д.А. Извлекаемые винтовые анкеры «Атлант» // Жилищное строительство. 2015. № 9. С. 36 – 40.

16. Халитова А.Р., Синенко С.А. Сравнение анкерного и распорного методов крепления ограждающих конструкций котлована при строительстве зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2021, № 4 ivdon.ru/ru/magazine

УДК 332.1

Фролов Максим Ильич, студент
РИ(ф)МПУ, mfrol2004@gmail.com

Родионов Максим Александрович, студент
РИ(ф)МПУ, mfrol2004@gmail.com

Козикова Ирина Николаевна, ст. преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» РИ(ф)МПУ, mfrol2004@gmail.com, SPIN 3064-8070

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Строительная отрасль является одной из ключевых сфер экономики, оказывающей значительное влияние на развитие регионов и улучшение качества жизни населения. Рязанская область не является исключением, и здесь строительство играет важную роль в формировании инфраструктуры, создании новых рабочих мест и привлечении инвестиций.

В условиях постоянно меняющейся окружающей среды, глобальных вызовов и внедрения новых технологий анализ современного состояния и тенденций развития

строительной отрасли становится особенно актуальным. Это позволяет выявить существующие проблемы, определить перспективы роста и разработать эффективные стратегии для дальнейшего развития региона.

Цель данной статьи - провести комплексный анализ текущего состояния строительной отрасли в Рязанской области, выявить основные тенденции и перспективы её развития, а также предложить рекомендации для повышения эффективности и конкурентоспособности отрасли.

Строительная отрасль играет важную роль в развитии региона. Валовая добавленная стоимость строительной отрасли Рязанской области постоянно возрастает с 18,9 млрд.руб. в 2018 году до 93,6 в 2024 году (таблица 1). Доля строительства в валовой региональном продукте Рязанской области тоже растёт с 4,5 % в 2018 году до 13,1% в 2024 году (таблица 1, рисунок 1) и занимает восьмое место после таких отраслей как обрабатывающее производство, оптовая и розничная торговля, деятельность по операциям с недвижимым имуществом, сельское хозяйство, государственное управление и обеспечение военной безопасности, транспорт, образование. [1, 2]

Таблица 1 – Валовая добавленная стоимость строительной отрасли в Рязанской области, млрд. руб. [1, 2]

Объем ВРП	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Строительство	18,9	20,2	17,	22,3	25,1	74,6	93,6
Валовый региональный продукт (ВРП)	416,2	436,4	461,2	544,0	619,2	692,7	714,2

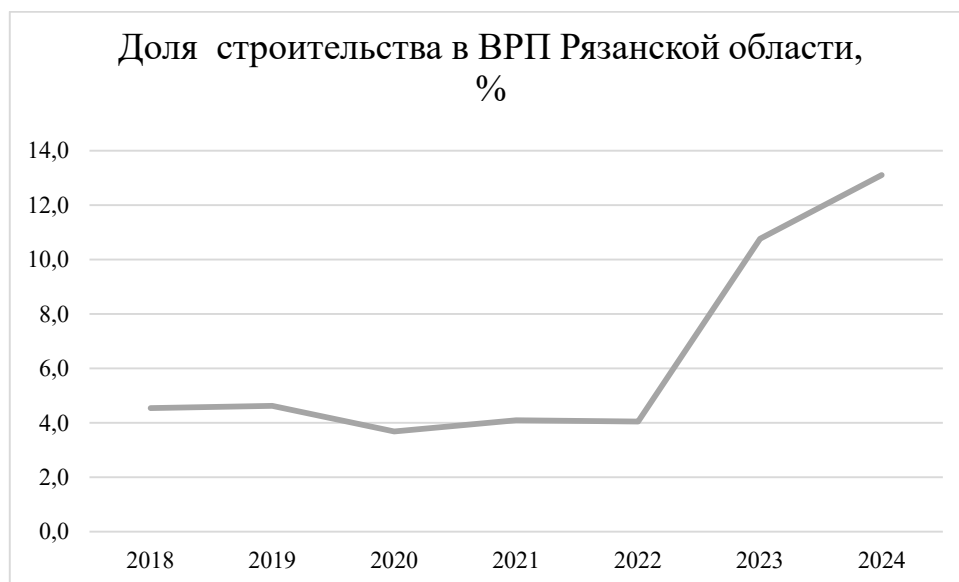


Рисунок 1 – Доля строительной отрасли в ВРП Рязанской области, млн. руб.

Всего за период 2020-2024 годов объем работ, выполненных по виду деятельности «строительство», увеличился почти на 25%. Наиболее высокие показатели фиксировались в 2023-2024 гг, когда Рязанская область занимала 3 место в Центральном федеральном округе [3].

Строительная отрасль Рязанской области в последние годы показала впечатляющие результаты и продолжает активно развиваться. Развитие строительной отрасли существенно повлияло на общие показатели региона. За 2024 год в эксплуатацию было сдано свыше 600 тысяч квадратных метров жилой площади, что позволило 29 тысячам семей переехать в новое жилье. Важно отметить, что строительный потенциал региона остается высоким – в настоящее время ведется возведение еще 1,6 миллиона квадратных метров жилья, что создает хорошую основу для дальнейшего развития отрасли [3].

Жилищное строительство в Рязанской области развивается активно. Однако в рейтинге регионов РФ по вводу жилья в 2024 году Рязанская область занимает лишь 57 место (рисунок 2). Ввод жилья в 2024 году на 1 жителя составил 0,56 кв.м, объем введенного жилья в регионе – 603 тыс. кв.м. [4]

Основные застройщики и статистика ввода жилья на май 2025 года приведены на рисунке 3. Основную долю на рынке жилой недвижимости занимают такие компании, как ГК «Северная компания», ГК «Единство», ГК «Зеленый сад», ООО «Капитал», ООО «Мармакс».

Основные механизмы привлечения средств граждан для жилищного строительства на май 2025 года приведены на рисунке 4. Почти все компании для финансирования жилищного строительства используют счета эскроу.

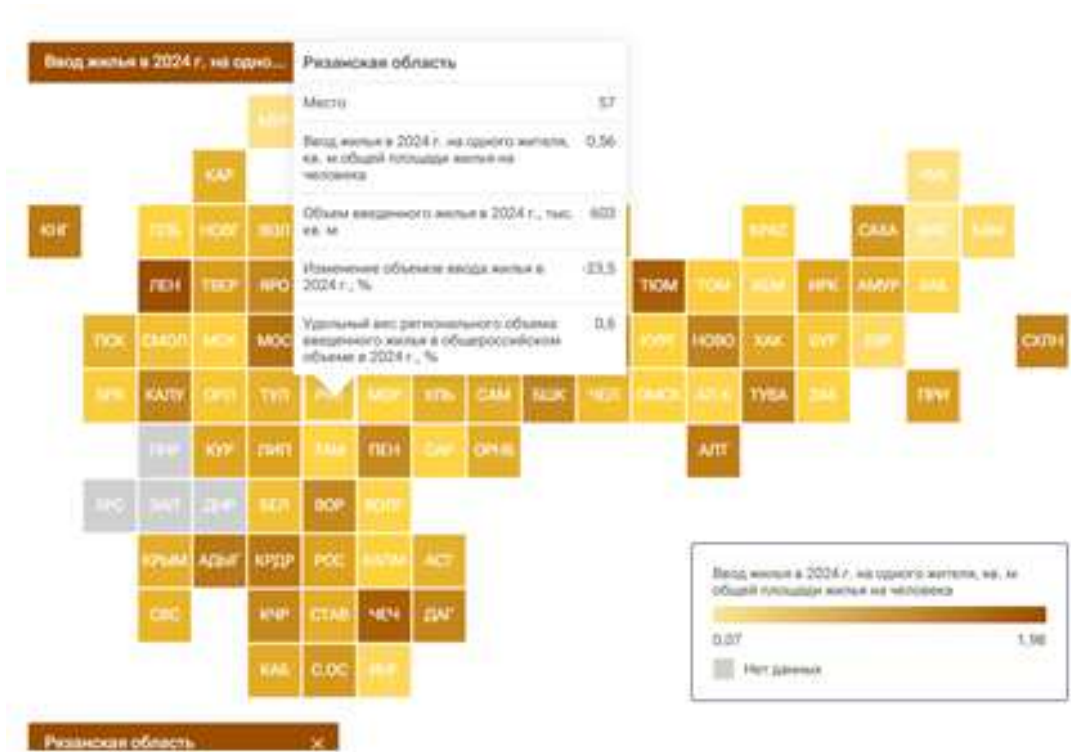


Рисунок 2 – Ввод жилья на одного жителя в Рязанской области, кв.м

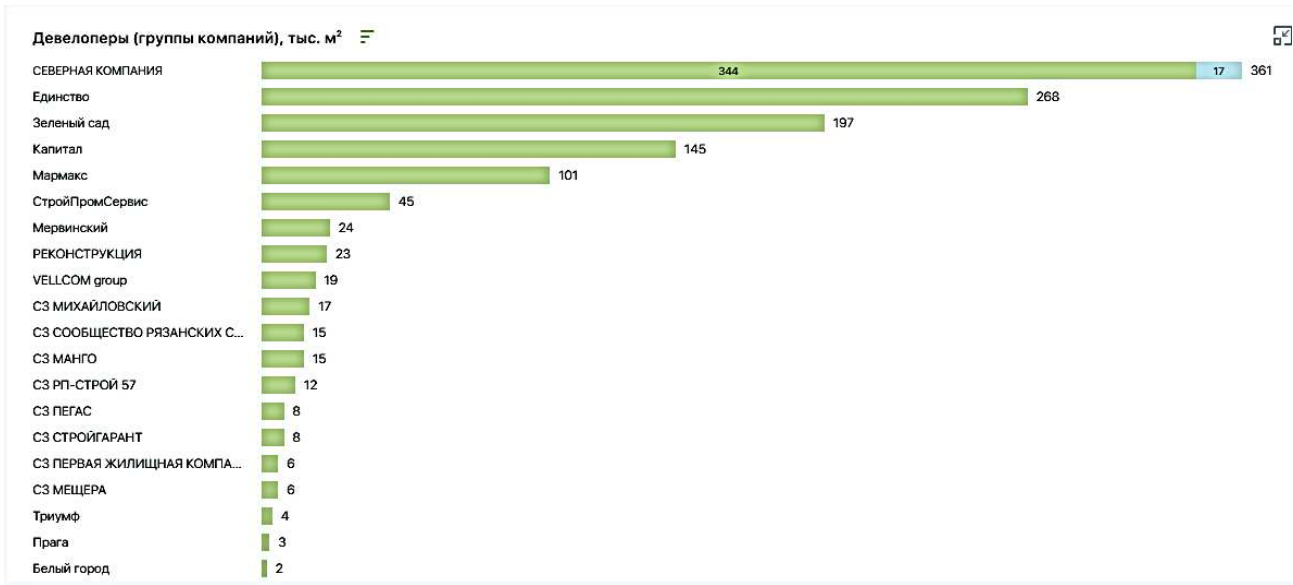


Рисунок 3 – Основные застройщики и статистика ввода жилья на май 2025 года

Крупные инвестиции и усилия направлены не только на жилое строительство, но и на социальные объекты. В области продолжается реализация ряда крупных проектов, имеющих большое значение для социальной инфраструктуры. Среди основных объектов можно выделить новые школы и детские сады, а также строительство лечебного корпуса онкодиспансера. Общее количество социальных объектов, находящихся на стадии

строительства, продолжает расти, охватывая важные аспекты жизни населения. Динамика среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников строительной отрасли в Рязанской области представлена в таблице 2 [5]. В целом заработная плата по строительной отрасли ниже чем в целом по региону.

Механизм привлечения средств граждан	Застройщики, шт.	Разрешения на строительство, шт.	Проектные декларации, шт.	Дома, шт.	Жилая площадь, тыс. м ²	Квартиры, тыс. шт.
Все механизмы	56	67	74	106	1 279	27
С использованием счетов эскроу	55	66	73	105	1 262	26
С уплатой взносов в компенсационный фонд	1	1	1	1	17	0
Без привлечения средств граждан с 01.07.2019	0	0	0	0	-	-

Рисунок 4 – Основные механизмы привлечения средств граждан для жилищного строительства на май 2025 года

Таблица 2 - Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников строительной отрасли в Рязанской области, тыс.руб.

Показатели	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	март 2025
В целом по всем отраслям	31,9	34,5	36,5	40,6	45,8	53,2	64,5	67,9
Строительство	26,5	29,6	29,3	32,7	35,8	46,5	58,3	63,9

Перспективы развития строительной отрасли в Рязанской области выглядят многообещающими. С учетом текущих тенденций и активного внедрения цифровых технологий, можно ожидать дальнейшего роста объемов строительства и улучшения качества объектов. Важно, чтобы все участники строительного процесса, включая государственные органы, строительные компании и научные учреждения, работали в едином направлении, направленном на модернизацию и оптимизацию строительной отрасли. Это позволит не только решить существующие проблемы, но и создать условия для устойчивого и гармоничного развития региона в целом.

Таким образом, строительная отрасль Рязанской области находится на этапе активного роста и трансформации. Внедрение современных технологий, участие в форумах и активная работа над решением проблем создают прочную основу для дальнейшего развития. Важно продолжать инвестировать в

инновации и поддерживать диалог между всеми заинтересованными сторонами, чтобы обеспечить устойчивое развитие строительного сектора и, как следствие, всего региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационный паспорт Рязанской области – URL: <https://www.mid.ru/ru/maps/ru/ru-rya/2012762/>
2. Рязанская область в цифрах. 2024: Крат.стат.сб./ Рязаньстат. – Рязань, Р992, 2024 – 169 с.
3. СТРОИТЕЛЬСТВО ЖИЛЬЯ– URL: <https://erzrf.ru/images/repfle>
4. Рейтинг российских регионов по строительству жилья – URL: <https://ria.ru/20250324/rejting-2006158322.html?in=t>
5. Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Рязанской области [Электронный ресурс] ГКД – URL: <https://62.rosstat.gov.ru/>