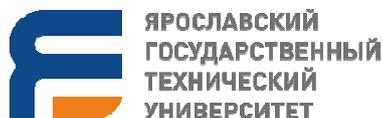


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ярославский государственный политехнический университет»



ВЕКТОР РАЗВИТИЯ РЕГИОНА: СТРОИТЕЛЬСТВО И ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

I Всероссийская научно-техническая конференция

18 апреля 2025 г., Ярославль

Сборник материалов конференции

Электронное издание

Ярославль
Издательство ЯГТУ
2025

© Ярославский государственный технический университет, 2025
ISBN 978-5-9914-1082-3

УДК 69+656
ББК 38/39
В26

В26 Вектор развития региона: строительство и транспортная инфраструктура: сборник материалов I Всероссийской научно-технической конференции (18 апреля 2025 г., Ярославль). – Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2025. – 123 с. – 1 CD-ROM. – Систем. требования: PC Pentium IV, 512 Мб ОЗУ, Microsoft Windows XP/7, Adobe Acrobat Reader, дисковод CD-ROM, мышь. – Текст : электронный.

В сборник вошли отдельные статьи I Всероссийской научно-технической конференции «Вектор развития региона: строительство и транспортная инфраструктура», которые посвящены инновационным решениям в строительной отрасли и дорожном хозяйстве, актуальным направлениям развития транспорта, а также вопросам экологии, благоустройства природных территорий и устойчивого развития. Статьи сгруппированы по разделам, соответствующим секциям конференции.

Предназначен для научных работников, преподавателей, студентов и аспирантов, а также специалистов-практиков, занимающихся проблемами в строительной и дорожной отраслях.

УДК 69+656
ББК 38/39

Рецензенты: М.В. Таничев, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО "Ивановский государственный политехнический университет"; К.А. Лошадкин, канд. геогр. наук, доцент, заместитель директора - главный инженер ООО НПП "Кадастр".

Утвержден Программным комитетом конференции

Системные требования

Систем. требования: PC Pentium IV, 512 Мб ОЗУ, Microsoft Windows XP/7, Adobe Acrobat Reader, дисковод CD-ROM, мышь.

Научное издание

**ВЕКТОР РАЗВИТИЯ РЕГИОНА:
СТРОИТЕЛЬСТВО И ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА**

**I Всероссийская научно-техническая конференция
18 апреля 2025 г., Ярославль**

Сборник материалов

Текстовое электронное издание

Публикации изложены в авторской редакции.

Программное обеспечение:

Microsoft Office Word, Adobe Acrobat.

Программное обеспечение для воспроизведения электронного издания:

Adobe Acrobat Reader, браузеры Google Chrom, Yandex.

Редакционная коллегия: П.Б. Разговоров, д-р техн. наук, профессор,
К.С. Ильина, канд. геогр. наук, А.В. Маркелов, д-р техн. наук, доцент,
С.А. Логинова, канд. техн. наук, О.В. Ладыгина, канд. техн. наук, доцент,
С.З. Калаева, д-р техн. наук, доцент.

Редактор: М.А. Канакотина

Ответственные за электронное издание: О.А. Юрасова, М.А. Канакотина

Пописано к использованию: 29.05.2025

Объем издания: 8,97 Мб

Тираж 50 экз.

Комплектация издания 1 CD-ROM

Ярославский государственный технический университет:

150023, г. Ярославль, Московский пр., 88

<http://www.ystu.ru>

Контактный телефон: 8 (4852) 44-15-19

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ»

1. Бочагова А.А., Тумаков С.А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОНОЛИТНОГО КАРКАСА МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ НА РАСЧЁТНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	6
2. Власкин Н.А. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ И ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА КАК ИНСТРУМЕНТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ТРАНСПОРТА ГАЗА	10
3. Голубь Н.Г., Новожилов А.А., Тумаков С.А. СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДПОРНЫХ СТЕН. ОШИБКИ УСТРОЙСТВА	14
4. Крупнов А.Е., Рыбкина Г.В. ИНТЕГРАЦИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ (ВИЭ) В ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ	19
5. Лапин И.В., Тумаков С.А. ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ РАСЧЁТА ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИСТОВ С УЧЁТОМ РЕДУКЦИИ СЕЧЕНИЯ	23
6. Логинова С.А., Таничев М.В., Воронов И.А., Гоглев И.Н., Попов С.М. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАНОДОБАВКИ КАРБИДА КРЕМНИЯ НА СВОЙСТВА БЕТОНА	27
7. Максимова Д.М., Тумаков С.А. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ТОНКОСТЕННЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОГНЯ	30
8. Мустафаев М.Ш., Доброхотов В.Б. ВИДЫ УХОДА ЗА БЕТОННЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ВЛАЖНОСТИ	34
9. Никеров М.Е., Тумаков С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ СВЯЗЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КАРКАСА КРЫТОЙ ЛЕДОВОЙ АРЕНА	38
10. Серебряков А.Д., Балушкин А.Л. ЗАЩИТА ЗДАНИЯ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ	42
11. Сурков М.Д., Быкова А.С. ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА БАССЕЙНОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ	46
12. Троян Ю.А., Тумаков С.А. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ФУНДАМЕНТНЫХ БАЛОК НА ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИЗОТРОПНОМ ОСНОВАНИИ	51
13. Хазов К.Г., Тумаков С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ СВЯЗЕВЫХ БЛОКОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЗДАНИЯ ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОРПУСА	55

Секция «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ»

14. Алигулиев Х.М.о., Кондаков С.Г. ОТЛИЧИЯ ПРАВИЛ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ОТ ПРАВИЛ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	59
15. Анапияев А.П., Романов Д.О., Капралов В.В. ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОДЛЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АКБ НА АБШ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕСУЛЬФАТИРУЮЩЕГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА	63

16. Батраков С.А., Лебедев Д.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ ГИБРИДНОЙ КОМПОНОВКИ РОДСТЕРА «КРЫМ»	66
17. Быков А.А., Седунов В.И., Канаев А.М. ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНЫХ АРКТИЧЕСКИХ ТОПЛИВ С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ В ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ	70
18. Гладышев А.Е., Журавлев Д.И., Теймуров Р.Г., Гуменный В.В. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ОБРАЗЦОВ ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ХОДЕ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ	74
19. Ершов Д.С., Маркелов А.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМУ СКЛАДСКИХ ЗАПАСОВ	77
20. Корегин И.М., Кондаков И.А., Мазуренко А.П. ВЛИЯНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ДВС	80
21. Пономарёв Д.А., Голяков Н.И., Кутумов А.С., Гуменный В.В. ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ИНЖЕНЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ВС РФ	83
22. Трофименко Б.П., Маркелов А.В. СМАЗОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ВОДНО-СПИРТОВОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ ЗАКРЫТЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН	85
23. Шубин Г.Д., Маркелов А.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИАГНОСТИКИ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ИМЕЮЩИХ ЗИМНЮЮ ОШИНОВКУ	89

Секция «ЭКОЛОГИЯ. ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ»

24. Волков Д.В., Маркелов А.В. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ В ОБЪЕКТАХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ	93
25. Жарова Н.В., Ладыгина О.В. СНИЖЕНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	96
26. Калинин А.В., Ладыгина О.В. ПРИМЕНЕНИЕ БИОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ В БЛАГОУСТРОЙСТВЕ МАЛЫХ ГОРОДОВ	100
27. Копничева Л.Д., Ладыгина О.В. ВНЕДРЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ СПОСОБОВ СБОРА И ОЧИСТКИ ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ	104
28. Ладыгина А.А., Фоменко Г.А. СПЕЦИФИКА СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДНО-БОЛОТНОГО УГОДЬЯ НА КУРШСКОЙ КОСЕ: КОНСТРУКТИВНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ	108
29. Румянцева А.В., Маркелов А.В. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ ЭТИЛЕНГЛИКОЛЕМ	114
30. Сафиуллин Э.М., Насибов Т.Р., Ладыгина О.В. БИОИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭВТРОФИКАЦИИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН	117
31. Шилов В.А., Ладыгина О.В. МЕТОД КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ИНФРАСТРУКТУРНОГО КОМПЛЕКСА В МАЛЫХ ГОРОДАХ	120

**Секция «ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
И ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ»**

УДК 624.04:531.31

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
МОНОЛИТНОГО КАРКАСА МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ
НА РАСЧЁТНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Бочагова А.А., Тумаков С.А.

Научный руководитель – **Тумаков С.А.**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье приводится исследование влияния геометрических параметров перекрытия на динамические характеристики и напряженно-деформированное состояние здания.

***Ключевые слова:** ветровая нагрузка, расчетные динамические характеристики, монолитный каркас*

**ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS
OF THE MONOLITHIC FRAME OF A MULTI-STOUREY BUILDING
ON THE CALCULATED DYNAMIC CHARACTERISTICS**

Bochagova A.A., Tumakov S.A.

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

Yaroslavl State Technical University

The article presents a study of the influence of the geometric parameters of the ceiling on the dynamic characteristics and stress-strain state of the building.

***Keywords:** wind load, calculated dynamic characteristics, monolithic frame*

Современные методы возведения многоэтажных зданий требуют тщательного анализа множества факторов, влияющих на их прочность и динамические характеристики. Одним из основных аспектов проектирования является применение монолитного каркаса, который гарантирует высокую прочность и долговечность всей конструкции. В данной статье показано, как геометрические параметры каркаса (высота, ширина, форма сечения и расположение конструктивных элементов) сказываются на динамических характеристиках монолитного каркаса в многоэтажных жилых зданиях, включая собственные частоты колебаний и режимы деформации.

Основная цель динамического расчета несущих элементов многоэтажных зданий заключается в обеспечении их несущей способности при сочетании статических и динамических нагрузок, а также в ограничении уровня колебаний так, чтобы избежать негативного влияния на людей и технологические процессы.

Данная работа посвящена анализу связи между пульсационной компонентой ветровой нагрузки и типом монолитного железобетонного перекрытия с целью выявления его оптимальных прочностных и геометрических характеристик, а также изучению обратной зависимости параметров перекрытия от величины пульсационной составляющей.

Динамические характеристики зданий определяются через решение дифференциальных уравнений движения, что требует учета различных факторов, таких как масса, жесткость и демпфирование. В этом контексте ключевыми параметрами, подлежащими исследованию, являются следующие [1-4]:

1. Собственные частоты колебаний: Эти частоты зависят от жесткости и массы конструкции. Увеличение высоты здания обычно приводит к снижению собственных частот, что может неблагоприятно сказаться на его устойчивости при динамических воздействиях.

2. Модальные формы: Каждое здание обладает уникальными модальными формами колебаний, определяемыми его геометрией и материалами. Изменение формы сечения или размещения конструктивных элементов может повлиять на модальные формы.

Для оценки влияния геометрических параметров на динамические характеристики конструкций часто применяются численные методы моделирования, среди которых выделяется метод конечных элементов (МКЭ). Используя МКЭ, можно проанализировать, как изменения в конструктивной схеме и геометрических характеристиках сказываются на поведении всей структуры. Процесс моделирования предоставляет возможность:

- оценить собственные частоты и модальные формы колебаний;
- провести анализ устойчивости зданий под воздействием динамических нагрузок;
- определить оптимальные конструкции для увеличения жесткости и прочности.

Для определения пульсационного компонента ветровой нагрузки были рассчитаны частоты собственных колебаний здания с различными жесткостными характеристиками монолитного перекрытия проектируемого объекта. Здание имеет 13 этажей и прямоугольную форму в плане, размеры по осям 2/А-2/У – 34,8 м, а по осям 1/1-1/9 – 14,5 м. Высота каждого этажа равна 3 м. Основными несущими элементами являются железобетонные пилоны с прямоугольным сечением 200×1000 мм, которые жестко соединены с перекрытием.

На первом этапе решения данной задачи разработана расчетная модель в программном комплексе SCAD++ Office (рис. 1).

Для решения поставленных задач была разработана пространственная расчетная модель перекрытия типового этажа с использованием вычислительного комплекса SCAD, который основан на методе конечных элементов для анализа перемещений. Переход от непрерывной модели конструкции к дискретной расчетной схеме осуществлялся путём разбивки модели на сетку конечных элементов с размером ячейки 500 мм. В расчетах

применялись основные типы конечных элементов: тип 42 – универсальный треугольный элемент оболочки и тип 44 – универсальный четырехугольный элемент оболочки.

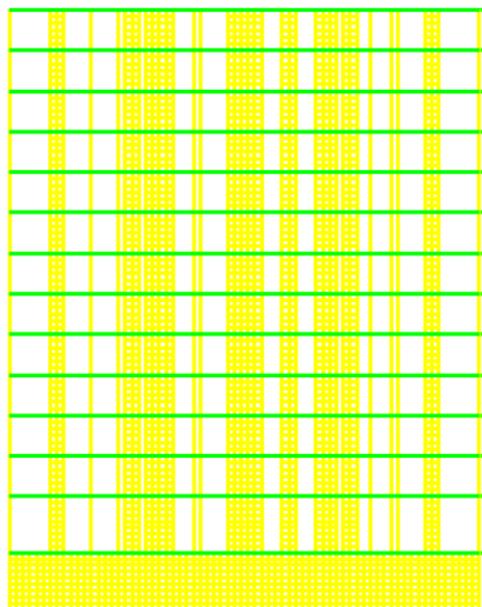


Рис. 1. Расчетная модель в программном комплексе SCAD++ Office

С целью обеспечения актуальности и универсальности исследований в расчетах использованы распространенные толщины перекрытий: 180, 200 и 220 мм.

Согласно [1, 2], предельное значение собственной частоты f_{lim} (I ветровой район, Ярославская обл.) для железобетонных конструкций составляет 0,95 Гц (рис. 2).

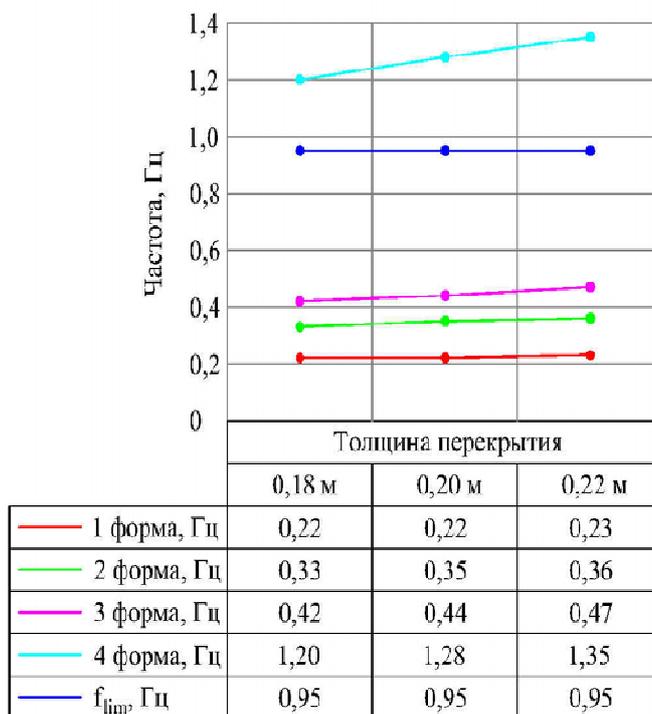


Рис. 2. Распределение частот собственных колебаний

В ходе исследований проведено сравнение различных вариантов конструктивных решений для монолитных перекрытий. На основании полученных результатов рекомендуется использовать монолитное железобетонное перекрытие толщиной 180 мм при проектировании. Также продолжено исследование влияния геометрических параметров перекрытия на динамические характеристики и напряженно-деформированное состояние всего здания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» при участии ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова». - Москва, 2016. – 104 с.
2. Справочник по динамике сооружений / под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. – М.: Стройиздат, 1972. - 511 с.
3. Волков А.С. Динамические расчеты упругих систем: учеб. пособие. / А.С. Волков, Ю.Г. Плотников; ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения». – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2007. – 95 с.: ил.
4. Арсентьева А.А. Исторический обзор динамических воздействий на здания и сооружения: собственные колебания. Основные вопросы и задачи / А.А. Арсентьева, А.М. Протасов, С.А. Тумаков // Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 18 апреля 2018 г., Ярославль: сб. материалов конференции. В 3 ч. Ч. 1. [Электронный ресурс]. – Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. – 1 CD-ROM. – С. 764-766. – EDN OXMKEL.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ И ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА КАК ИНСТРУМЕНТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ТРАНСПОРТА ГАЗА

Власкин Н.А.

Ивановское ЛПУМГ - филиал ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»

В статье дана оценка перспективности использования цифровых двойников с целью повышения эффективности энергопотребления газораспределительных и транспортных систем путем точного моделирования оборудования, анализа больших данных и прогнозирования сбоев.

Ключевые слова: цифровой двойник, энергосбережение, энергоэффективность

DIGITAL TWINS AND PREDICTIVE ANALYTICS AS TOOLS FOR OPTIMIZING ENERGY CONSUMPTION OF TECHNOLOGICAL INSTALLATIONS IN GAS SUPPLY AND TRANSPORT SYSTEMS

Vlaskin N.A.

Ivanovskoye LPUMG - branch of Gazprom transgaz Nizhny Novgorod LLC

The article assesses the prospects of using digital twins to improve the efficiency of energy consumption of gas distribution and transportation systems through accurate equipment modeling, big data analysis and failure prediction.

Keywords: digital twin, energy saving, energy efficiency

Системы газоснабжения и транспорта газа представляют собой сложнейшие технологические комплексы, включающие объекты добычи, подготовки, переработки, транспортировки (магистральные газопроводы, компрессорные станции), хранения (подземные хранилища газа – ПХГ) и распределения газа конечным потребителям. Эффективность функционирования этих систем напрямую влияет на надежность энергоснабжения и экономические показатели отрасли.

Компрессорные станции, использующие мощные газоперекачивающие агрегаты (ГПА) для поддержания давления в газопроводах, потребляют существенные объемы топливного газа или электроэнергии. Аналогично процессы подготовки и переработки газа, подогрев газа перед редуцированием, работа насосного оборудования на ПХГ требуют значительных энергетических затрат. В условиях растущих цен на энергоресурсы, ужесточения экологических норм (особенно в части выбросов CO₂) и необходимости повышения общей рентабельности бизнеса задача оптимизации энергопотребления становится критически важной [1].

Интеграция цифровых двойников и предиктивной аналитики открывает широкие возможности для оптимизации энергопотребления на различных объектах газовой инфраструктуры.

Компрессорные станции (КС) являются одними из основных потребителей энергии в системе транспорта газа. Энергия (топливный газ для ГТУ или электроэнергия для электроприводных ГПА) расходуется на сжатие газа для компенсации потерь давления в трубопроводе. Оптимизация работы КС – ключевая задача для снижения энергозатрат [2, 3] решается следующим образом:

1. Оптимальный выбор состава работающих агрегатов. ЦД КС, зная характеристики каждого ГПА (КПД в зависимости от режима работы, текущее техническое состояние) и используя прогнозы ПА по требуемой производительности и давлению, может определить оптимальную комбинацию работающих агрегатов и их загрузку для минимизации суммарного расхода топливного газа/электроэнергии. Учитывается не только номинальный КПД, но и реальная эффективность, которая может снижаться из-за износа, что также прогнозируется с помощью ПА (предиктивное обслуживание).

2. Оптимизация работы АВО газа. Аппараты воздушного охлаждения (АВО) газа потребляют электроэнергию на работу вентиляторов. ЦД, получая данные о температуре газа после сжатия и прогнозы температуры окружающей среды от ПА, может оптимизировать скорость вращения вентиляторов или количество работающих секций АВО, чтобы обеспечить требуемую температуру газа на выходе КС при минимальном расходе электроэнергии [4, 5].

3. Предиктивное управление антипомпажными системами. Помпаж – опасное явление в работе центробежных компрессоров, приводящее к неэффективной работе и возможному повреждению. ПА может прогнозировать приближение к границе помпажа на основе текущих параметров и их тенденций, позволяя ЦД заранее скорректировать режим работы (например, открыть антипомпажный клапан ровно настолько, насколько необходимо), минимизируя потери газа и энергии [6].

4. Оптимизация режимов в масштабе участка газопровода. ЦД участка газопровода, объединяющий модели нескольких КС и линейной части, совместно с ПА, прогнозирующей потоки газа, позволяет оптимизировать режимы работы всех КС на участке согласованно, минимизируя суммарное энергопотребление на транспорт газа по всему участку.

Газоперерабатывающие заводы (ГПЗ) потребляют энергию на различные процессы – нагрев, охлаждение, сепарацию, ректификацию, компримирование. При этом:

1. Оптимизация работы печей подогрева и холодильных установок. ЦД технологических установок (например, колонн ректификации) совместно с ПА, прогнозирующей состав и объем поступающего сырья, а также требования к качеству продукции, позволяет точно рассчитать необходимую тепловую нагрузку для печей и холодопроизводительность для холодильных установок. Это помогает избежать избыточного нагрева или переохлаждения, снижая расход топлива и электроэнергии.

2. Оптимизация процессов сепарации и очистки. ПА может прогнозировать оптимальные параметры (давление, температура) для процессов сепарации и адсорбционной/абсорбционной очистки газа на основе прогнозируемого состава сырья, что позволяет ЦД поддерживать эти параметры с минимальными энергозатратами на насосы, компрессоры, системы регенерации растворителей/адсорбентов.

3. Управление энергопотреблением вспомогательных систем. Анализ данных с помощью ПА позволяет выявить неэффективное использование энергии во вспомогательных системах (пар, сжатый воздух, оборотная вода) и оптимизировать их работу через ЦД.

Подземные хранилища газа (ПХГ) используются для выравнивания сезонной неравномерности потребления газа. Энергия потребляется в периоды закачки (работа компрессоров) и отбора (работа компрессоров, если требуется повышение давления; подогрев газа после редуцирования) [3].

1. Оптимизация циклов закачки/отбора. ЦД пласта-коллектора и наземного оборудования ПХГ, используя прогнозы ПА по спросу на газ и ценам на энергию, может помочь в планировании оптимальных графиков закачки и отбора, минимизирующих пиковые нагрузки на энергосистему и затраты на компримирование и подогрев газа.

2. Оптимизация работы компрессоров закачки. Аналогично КС на магистральных газопроводах, ЦД и ПА позволяют оптимизировать выбор работающих агрегатов и их режимы при закачке газа в ПХГ.

3. Оптимизация подогрева газа при отборе. Газ при отборе из ПХГ и последующем редуцировании сильно охлаждается. ПА может прогнозировать требуемую степень подогрева газа на основе прогнозируемого расхода, давления и температуры окружающей среды, позволяя ЦД управлять установками подогрева (расход топливного газа или электроэнергии) максимально эффективно, избегая избыточного нагрева.

В магистральных газопроводах (МГ) ЦД и ПА могут помочь в оптимизации энергопотребления, связанного с управлением самим газопроводом.

1. Управление запасами газа в трубопроводе (line-pack). ЦД газопровода позволяет точно моделировать динамику газа. ПА прогнозирует краткосрочные колебания спроса и предложения. Совместно они позволяют оптимально использовать аккумулирующую способность газопровода (line-pack) для сглаживания пиков нагрузки на КС, что снижает общее энергопотребление.

2. Оптимизация гидравлического режима. ЦД МГ может моделировать различные сценарии потокораспределения и давления, а ПА – прогнозировать последствия. Это позволяет выбирать наиболее энергоэффективный гидравлический режим для транспортировки требуемых объемов газа.

3. Непрямое влияние через повышение надежности. ПА, используемая для предиктивного обслуживания и раннего обнаружения утечек (которые являются потерями не только газа, но и энергии, затраченной на его транспортировку), способствует поддержанию высокой эффективности системы транспорта газа.

Таким образом, комплексное применение ЦД и ПА охватывает практически все ключевые энергопотребляющие установки и процессы в системах газоснабжения и транспорта газа, предоставляя мощные инструменты для их оптимизации.

Технологии цифровых двойников и предиктивной аналитики представляют собой мощный инструмент для перехода на качественно новый уровень управления энергопотреблением. Цифровые двойники обеспечивают создание точных виртуальных копий технологических установок и процессов, позволяя моделировать их поведение и тестировать различные сценарии в реальном времени. Предиктивная аналитика, основанная на методах машинного обучения и анализа больших данных, позволяет прогнозировать будущие параметры работы, выявлять скрытые неэффективности и определять оптимальные режимы эксплуатации [6, 7].

Внедрение таких инновационных методов управления обещает значительные улучшения в эффективности работы газовых комплексов, снижении энергетических затрат и улучшении устойчивости энергетической системы в целом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беляев Е.В. Энергетическая эффективность и экология в транспортировке газа: от традиционных методов к цифровым технологиям / Е. В. Беляев. – М.: Издательство МГУ, 2019. – 310 с.
2. Боровиков В.В. Управление энергопотреблением в газовой промышленности с использованием цифровых технологий / В.В. Боровиков, М.А. Крылов // Технологии и инновации в энергетике. – 2018. – № 2 (9). – С. 42-48.
3. Вдовин П.П. Подземные хранилища газа и энергосбережение: Современные тенденции и перспективы / П. П. Вдовин. – М.: Наука, 2017. – 225 с.
4. Макиев И.И. Инновационные подходы к оптимизации энергопотребления в газоперерабатывающих заводах / И.И. Макиев, Д.А. Соловьев // Газоснабжение. – 2021– № 4. – С. 77–85.
5. Мищенко В.Н. Цифровая трансформация процессов в газовой отрасли / В.Н. Мищенко. – СПб.: ГАС, 2018. – 260 с.
6. Хромов А.М. Предиктивная аналитика в энергетике: подходы и практическое применение / А.М. Хромов. – СПб.: Энергетика, 2020. – 235 с.
7. Федоров И.А. Цифровые двойники в промышленности: технологии, практическое применение и перспективы развития / И. А. Федоров. – М.: Научный мир, 2019. – 320 с.

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДПОРНЫХ СТЕН. ОШИБКИ УСТРОЙСТВА

Голубь Н.Г., Новожилов А.А., Тумаков С.А.

Научный руководитель – Тумаков С.А., канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены дефекты и повреждения подпорных сооружений, методы, способы их устранения и восстановления нормальной работоспособности этих конструкций.

Ключевые слова: подпорные стены, трещины, обрушение

MODERN STRUCTURES OF RETAINING WALLS. ERRORS IN THE DEVICE

Golub N.G., Novozhilov A.A., Tumakov S.A.

Scientific Supervisor – Tumakov S.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers defects and damages of retaining structures, methods, ways of their elimination and restoration of normal operability of these structures.

Keywords: retaining walls, cracks, collapse

Специальное сооружение, предназначенное для восприятия горизонтального давления и удержания грунта, называют подпорной стеной (стенкой). Подпорные стены применяются в гражданском, дорожном, промышленном строительстве, в жилищно-коммунальном хозяйстве, когда невозможно положить откос, а необходимо устроить, например, рядом расположенные дороги на разных отметках. Подпорные сооружения обеспечивают перепад отметок планировки и удерживают от обрушения грунт, находящийся за стеной (рис. 1).



Рис. 1. Примеры подпорных сооружений

Подпорные стены, которые удерживают грунт, сопротивляясь сдвигу и опрокидыванию за счет собственного веса, называются массивными подпорными стенами. Такие стены устраивают либо в предварительно устроенных

траншеях, либо на поверхности земли, с последующей планировкой. Их изготавливают из железобетона, бетона, бутобетона и каменной кладки. Если стена устраивается из бетона на строительной площадке по месту ее расположения, она называется монолитной. Если стена по месту ее расположения собирается из предварительно изготовленных бетонных или железобетонных элементов, она называется сборной.

Массивные подпорные стены применяются с древних времен. Примерами массивных подпорных стен, дошедших до наших дней, могут служить древние подпорные стены в эллинистических государствах [1] и в Перу [2] (рис. 2).



Рис. 2. Подпорные стены акрополя в Пергаме и столице инков в Перу

Санкт-Петербург – город, стоящий на воде. Это подразумевает наличие огромного количества набережных, которые выполняют функции подпорных сооружений (рис. 3). Многие из них были заложены еще в XVIII столетии из гранита, а значит, срок их эксплуатации превышает двести лет.

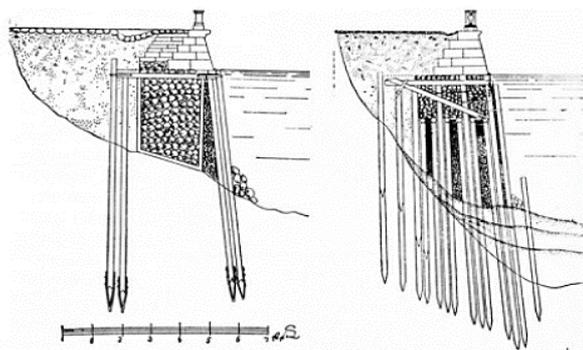


Рис.3. Конструкция гранитной набережной у Зимнего дворца. Разрезы. Чертежи. 1758 г.

Другим более современным видом подпорных сооружений являются тонкостенные уголкового подпорные стены. Их устойчивость обеспечивается собственным весом стены и весом грунта, вовлекаемого конструкцией стены в работу. Еще один вид подпорных сооружений – гибкие подпорные сооружения, которые удерживают грунт за счет заделки и, в некоторых случаях, за счет дополнительных конструктивных элементов распорок и анкеров. Принципиальные решения тонкостенных и гибких подпорных сооружений приведены на рис. 4.

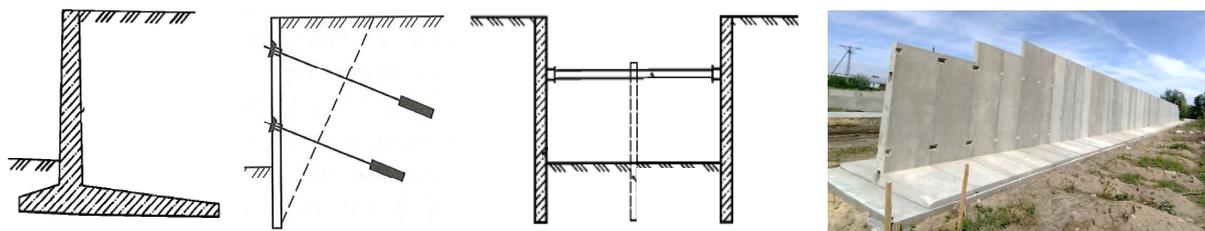


Рис. 4. Угловые и гибкие подпорные сооружения

Актуальность вопроса применения подпорных стен в строительстве обусловлена востребованностью данного типа инженерных сооружений для устройства перепадов отметок рядом расположенных территорий в случаях, когда организация откоса невозможна.

Также актуально и совершенствование методов расчета самих подпорных стен и их оснований. Более точные модели расчета позволяют повысить надежность проектов и выполненных сооружений. Обновления требований расчета и проектирования подпорных сооружений отражены в актуализированных нормах [3-6].

Пренебрежение требованиями расчета подпорных стен и их грунтовых оснований, ошибки и недочеты при проектировании, строительстве и эксплуатации стен могут привести к критическим ситуациям. Так, например, в 2006 году при реконструкции кинотеатра «Победа» в г. Ярославле ошибки при проектировании подпорной шпунтовой стенки привели к недопустимым деформациям основания, которые вызвали образования недопустимых трещин в стенах здания (рис. 5).



Рис. 5. Образование трещин в стенах кинотеатра «Победа»

Исчерпание несущей способности, вызванное старением конструкции и деградацией свойств материалов, из которых она выполнена, характерно демонстрируют набережные Санкт-Петербурга, многие из которых находятся в аварийном состоянии и нуждаются в капитальном ремонте (рис. 6).



Рис. 6. Обрушение стенки канала Грибоедов. 2010 г.

Недопущение таких событий, повышение надежности сооружений является актуальной и важной задачей строительства и эксплуатации оснований подпорных стен.

Для предотвращения аварийного обрушения конструкций здания кинотеатра «Победа» в г. Ярославле были проведены усилительные работы оснований и фундаментов в виде устройства анкерных устройств [7] (рис. 7).



Рис. 7. Усиление оснований здания анкерными устройствами

Ремонт и усиление конструкций набережных северной столицы проводится на регулярной основе. Проект восстановительных работ и выполнение усиления можно подробно рассмотреть на примере капитального ремонта объекта «Кольцевая набережная им. В.И. Ленина» или «Стенка набережной Малой Невы и Ждановки (вокруг стадиона «Петровский»), г. Санкт-Петербург», осуществленного проектной организацией ООО «НПО РАНД» и строительной организацией ЗАО «Производственное объединение «Возрождение» [8] (рис. 8).



Рис. 8. Проект усиления и выполнение работ по реконструкции «Кольцевой набережной»

При выполнении реконструкции набережной были погружены вибросваи на проектную отметку, проведены опалубочные и арматурные работы, устроены щебеночная и бетонная подготовки, произведено бетонирование ростверка, восстановлена конструкция диабазового мощения.

На приведенных примерах показаны дефекты и повреждения подпорных сооружений, методы и способы их устранения и восстановления нормальной работоспособности этих конструкций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Поляков Е.Н. Развитие принципов регулярного градостроительства в эллинистических государствах / Е.Н. Поляков, Е.В. Майорова, Е.Е. Шаповалова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2008. – № 4 (21). – С. 5-20. – EDN JVFNIX.
2. Башилов В.А. Древние цивилизации Перу и Боливии. – М.: Наука, 1972. – 212 с.
3. СП 43.13330.2012. Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85 *: Свод правил / В.В. Гранёв, С.М. Гликин, В.А. Коробков [и др.]. – М.: Минрегион, 2012. – 102 с.
4. СП 101.13330.2012. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87. Свод правил / А.В. Иванов, Г.Г. Филиппов, Г.Ф. Ильющенков [и др.]. – М.: Минрегион, 2012. – 70 с.
5. СП 381.1325800.2018. Сооружения подпорные. Правила проектирования / И.В. Колыбин, Д.Е. Разводовский, В.А. Китайкин [и др.]. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 104 с.
6. Сарафанова О.Ю. Устранение физического износа стенок набережных Санкт-Петербурга // StudArctic Forum: студенческий научный электронный журнал. – 2018. – Т. 1, № 9. – С. 61-71.
7. Экстренные работы по изготовлению козловых буроинъекционных свай. – URL: <https://geostroy76.ru/portfolio/kinoteatr-pobeda-yaroslavl/> (дата обращения 06.04.2025).
8. Набережная вокруг стадиона «Петровский» разобрали до основания. Как это было. URL: <https://dzen.ru/a/XwKpABqJXRh0YSyF> (дата обращения 06.04.2025).

ИНТЕГРАЦИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ (ВИЭ) В ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Крупнов А.Е., Рыбкина Г.В.

Ивановский государственный политехнический университет

Рассмотрен процесс интеграции возобновляемой энергетики в систему энергоснабжения газовых объектов с целью снижения расходов повышения надежности и уменьшения воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, газовая промышленность, дизельные генераторы

INTEGRATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES (RES) INTO THE POWER SUPPLY OF GAS FACILITIES

Krupnov A.E., Rybkina G.V.

Ivanovo State Polytechnic University

The process of integration of renewable energy into the power supply system of gas facilities is considered in order to reduce costs, increase reliability and reduce the impact on the environment.

Keywords: renewable energy sources, gas industry, diesel generators

Газовая промышленность, являясь основой глобальной энергетики, часто ведет свою деятельность в удаленных и труднодоступных регионах, лишенных централизованной энергетической инфраструктуры. Обеспечение надежного и экономически обоснованного энергоснабжения таких объектов – морских платформ, арктических месторождений, пустынных промыслов – представляет собой комплексную техническую и логистическую задачу. Традиционно эта задача решается с помощью локальной генерации на ископаемом топливе, преимущественно дизельных генераторов (ДГУ) или газотурбинных установок (ГТУ), работающих на привозном дизельном топливе или попутном нефтяном газе (ПНГ).

Однако такой подход сопряжен с рядом серьезных проблем. Высокая стоимость топлива и его доставки, значительные операционные расходы на обслуживание генераторов, экологический ущерб от выбросов парниковых газов и локальных загрязнителей, а также логистические риски и зависимость от поставок топлива делают традиционное энергоснабжение все менее привлекательным. Особенно остро эти вопросы встают в контексте глобального тренда на декарбонизацию и ужесточения экологических требований к промышленным предприятиям [1].

На этом фоне стремительное развитие технологий возобновляемой энергетики открывает новые возможности. Снижение стоимости солнечных фотоэлектрических станций (СЭС), ветроэнергетических установок (ВЭС) и

систем накопления энергии (СНЭ) делает их конкурентоспособной альтернативой или дополнением к традиционным источникам. Интеграция ВИЭ позволяет создавать гибридные энергетические системы (ГЭС), комбинирующие чистоту и доступность возобновляемых ресурсов с надежностью традиционной генерации и гибкостью накопителей энергии [2, 3].

Цель данной статьи – проанализировать ключевые аспекты интеграции ВИЭ в энергоснабжение газовых объектов, рассмотреть текущие вызовы традиционного подхода, потенциал ВИЭ, технологии их интеграции, основные преимущества и барьеры для внедрения, а также примеры из практики и перспективы развития данного направления. Актуальность темы обусловлена необходимостью для газовых компаний снижать операционные издержки, уменьшать углеродный след и повышать устойчивость своей деятельности.

Объекты газовой отрасли (буровые, установки добычи и подготовки, компрессорные станции, вахтовые поселки) характеризуются значительным и часто неравномерным энергопотреблением, измеряемым от десятков киловатт до десятков мегаватт. Отсутствие централизованных сетей вынуждает компании полагаться на автономную генерацию.

Традиционные решения – ДГУ и ГТУ – имеют существенные недостатки. Дизельные генераторы, хотя и относительно просты в установке, страдают от высокой стоимости топлива и его доставки, значительных эксплуатационных расходов, низкого КПД при частичной нагрузке и существенных выбросов загрязняющих веществ (CO_2 , NO_x , SO_x , сажа) и шумового воздействия. Газотурбинные установки, подходящие для крупных объектов с доступом к газу (включая ПНГ), требуют больших капитальных вложений, сложного обслуживания и систем газоподготовки, а также имеют значительные выбросы CO_2 [4-7]. Использование ПНГ, хотя и решает проблему его утилизации, часто сталкивается с нестабильностью его состава и объемов, требуя сложной инфраструктуры подготовки.

К ключевым вызовам традиционного подхода можно отнести:

- высокие экономические затраты – это доминирующая статья расходов (стоимость топлива и его логистики), особенно в труднодоступные районы (Арктика, шельф). Также значительны затраты на обслуживание и ремонт генераторов;

- логистические риски - зависимость от поставок топлива, которые могут быть нарушены из-за погодных условий, отсутствия инфраструктуры, что создает угрозу остановки производства;

- экологический ущерб - выбросы парниковых газов способствуют изменению климата, а локальные выбросы загрязняют воздух и наносят вред уязвимым экосистемам. Риски разливов топлива при транспортировке и хранении;

- требования к надежности - перебои могут привести к огромным убыткам и аварийным ситуациям. Это требует резервирования мощностей и дополнительных затрат.

Эти проблемы стимулируют поиск альтернативных, более экономичных и экологических решений, которыми могут стать возобновляемые источники энергии [4].

Наиболее перспективными ВИЭ для интеграции газовых объектов являются солнечная и ветровая энергетика (табл. 1).

Таблица 1. Преимущества и ограничения применения солнечной и ветровой энергетики в газовой отрасли

ВЭИ	Преимущества	Ограничения
Солнечная фотоэлектрическая энергетика (СЭС) преобразует солнечное излучение в электроэнергию с помощью фотоэлектрических модулей.	Нулевая стоимость топлива, низкие эксплуатационные расходы, экологичность, модульность, высокая надежность компонентов. Доступность ресурса во многих нефтегазовых регионах (Ближний Восток, Африка, Центральная Азия, южные регионы) [5, 6].	Прерывистость генерации (зависимость от солнца, погоды, времени суток), потребность в значительных площадях, снижение эффективности при высоких температурах, влияние снега и пыли. Требуется использование СНЭ и/или резервных генераторов для стабильной работы.
Ветроэнергетика (ВЭС) использует энергию ветра для вращения лопастей турбины и выработки электричества	Потенциально высокий КИУМ в ветреных районах (шельф, побережья, равнины), нулевая стоимость топлива, экологичность, возможность работы ночью и при облачности (дополняет СЭС).	Зависимость от наличия и стабильности ветра, сложность прогнозирования, потребность в ветроизмерениях, сложность транспортировки и монтажа крупных ВЭУ, более высокие эксплуатационные расходы по сравнению с СЭС, потенциальное воздействие на окружающую среду (шум, птицы), проблемы обледенения. Также требует СНЭ и резервирования.

Другие ВИЭ, такие как малые ГЭС, геотермальная энергия или биомасса, могут быть применимы лишь в очень специфических локальных условиях и редко рассматриваются как основное решение для типичных газовых объектов.

В этом контексте возобновляемые источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергетика, представляют собой перспективные альтернативы, способные радикально изменить подход к энергоснабжению в газовой отрасли.

Однако для полноценной реализации этих технологий предстоит преодолеть ряд технических, экономических и организационных барьеров. Важно понимать, что переход от традиционных методов генерации энергии к использованию ВИЭ – это не только изменение технологий, но и трансформация всей энергетической инфраструктуры. Рассмотрим ключевые направления, которые могут способствовать улучшению устойчивости и экологической безопасности энергоснабжения [8].

1. Совершенствование технологий ВИЭ. Снижение стоимости солнечных и ветровых установок, а также улучшение эффективности накопителей энергии откроют новые возможности для интеграции ВИЭ в удаленные нефтегазовые объекты.

2. Гибридные системы и интеллектуальное управление. Развитие технологий управления гибридными энергетическими системами, которые сочетают ВИЭ с традиционными источниками энергии, позволит значительно повысить стабильность и надежность энергоснабжения.

3. Экологические и экономические выгоды. В условиях растущего внимания к экологическим проблемам и необходимости снижения углеродных выбросов, интеграция ВИЭ будет способствовать сокращению негативного воздействия на окружающую среду и повышению энергетической эффективности.

4. Технологии прогнозирования и анализа данных. Использование современных технологий анализа данных и прогнозирования погодных условий поможет улучшить точность работы ветровых и солнечных установок, повысив их эффективность в удаленных районах.

Интеграция возобновляемых источников энергии представляет собой стратегически важное и перспективное решение для модернизации систем энергоснабжения газовых объектов. Переход от традиционной генерации на ископаемом топливе к гибридным энергетическим системам, включающим ВИЭ, СНЭ и интеллектуальное управление, позволяет существенно снизить операционные затраты, уменьшить экологический след, повысить надежность и энергетическую безопасность, а также улучшить репутацию компаний/

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 30355-2017. Экологические аспекты при проектировании и эксплуатации энергетических объектов. – М.: ИТЕР, 2017. – 235 с.
2. Европейский опыт интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистемы: монография / под ред. П.С. Громова. – СПб.: Невский Экспресс, 2020. – 256 с.
3. Иванов А.В. Возобновляемые источники энергии: проблемы и перспективы развития / А.В. Иванов. – М.: Энергия, 2019. – 112 с.
4. Козлов Н.В. Анализ экологии энергетических систем на основе возобновляемых источников энергии / Н.В. Козлов. – Таганрог: Экоэнергия, 2020. – 98 с.
5. Попель О.С. Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике // Российский химический журнал. – 2008. - №6(52). – С. 95-106.
6. Солнечные фотоэлектрические станции: Преимущества и ограничения для промышленности / Р.Т. Федоров. – Новосибирск: Наука и техника, 2018. – 128 с.
7. Технологии ветровой энергетики: новые горизонты / С.Л. Шевченко, И.М. Воронов. – М.: Научный мир, 2021. – 187 с.
8. Федеральное агентство по энергетике. Интеграция возобновляемых источников энергии в энергетические системы // Энергетика России. – 2022. – № 5. – С. 43-47.

ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ РАСЧЁТА ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИСТОВ С УЧЁТОМ РЕДУКЦИИ СЕЧЕНИЯ

Лапин И.В., Тумаков С.А.

Научный руководитель – Тумаков С.А., канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Приведен обзор расчета тонкостенных стальных конструкций, который позволяет учитывать все характерные особенности гофрированных профилей.

Ключевые слова: профилированный лист, редукция сечения, надежность

REVIEW OF THE PROBLEM OF CALCULATION OF PROFILED SHEETS TAKING INTO ACCOUNT THE REDUCTION OF THE SECTION

Lapin I.V., Tumakov S.A.

Scientific Supervisor – Tumakov S.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Yaroslavl State Technical University

A review of the calculation of thin-walled steel structures is given, which allows taking into account all the characteristic features of corrugated profiles.

Keywords: profiled sheet, section reduction, reliability

Тонкостенные профилированные листы обладают высокой эффективностью благодаря развитому сечению, отношение размеров которого к толщине является значительным. Минусом тонкостенной конструкции является гибкость составляющих частей профиля, для которых характерен более сложный механизм работы под нагрузкой. Основной идеей расчета тонкостенных элементов является допущение местной потери устойчивости сжатых частей сечения и потери устойчивости формы профиля, что учитывается редукцией сечения.

Редуцированная площадь сечения профиля – рабочая (эффективная) расчетная площадь сечения настила, определяемая с учетом потери местной устойчивости продольно сжатых участков профилей настила.

При определении геометрических характеристик сечения используют упрощенные модели, основными составляющими которых являются плоские участки (пластины) и элементы жесткости (промежуточные волны (риффы) и краевые отгибы). Элементы взаимосвязаны между собой с помощью податливых связей с заданной жёсткостью. Сечение элементов жесткости следует принимать таким образом, чтобы каждый плоский сжатый участок граней профиля работал, как пластина, опертая по продольным краям. В таком случае сжатый участок рассматривается, в расчете, как несколько пластинок, которые расположены между элементами жесткости.

Основой последующей методики является последовательное разделение сечения профилированного листа и наложение эффектов от местной потери устойчивости и потери устойчивости формы сечения.

В первую очередь, учитывается потеря местной устойчивости. Предположим, что элемент жесткости не может потерять устойчивость, тогда из расчетных схем вычлениют плоские элементы, в которых определяются и исключаются участки, воспринимающие под нагрузкой наименьшие усилия. В результате получается начальное эффективное (редуцированное) сечение. Данный принцип показан на рис. 1.

Во-вторых, учитывается потеря устойчивости формы сечения. Она характеризуется смещением элементов жесткости профиля, которые в первом случае рассматриваются как неподвижно закрепленные в точках изгибов. При отдельном рассмотрении, в сжатом состоянии данные элементы будут подобны продольным стержням с осевой нагрузкой, которые могут потерять устойчивость и, как следствие, не в полной мере воспринять усилия сжатия.

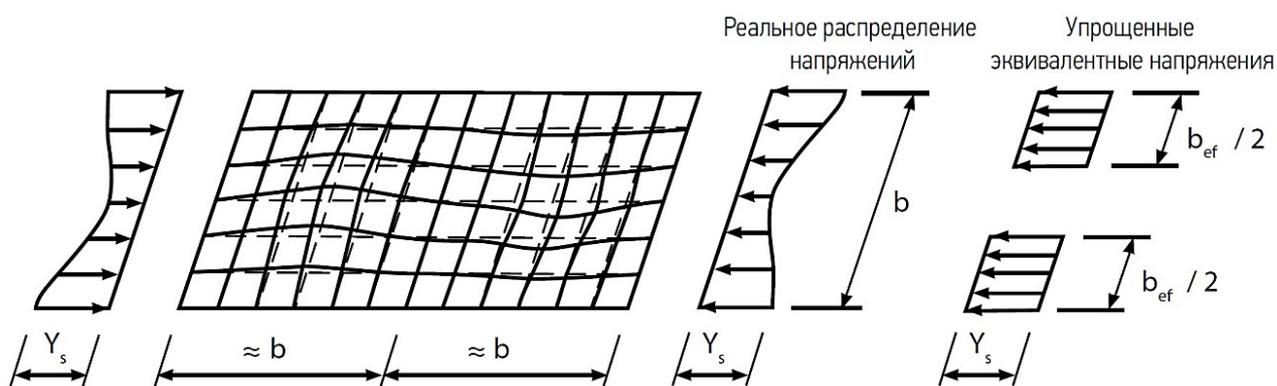


Рис. 1. Принцип учёта потери местной устойчивости

Принципы этой модели являются основанием для расчета потери устойчивости формы сечения, когда элементы жесткости рассматриваются как продольно сжатые элементы с постоянным по длине раскреплением упруго-податливыми связями (пружинами), характеристики которых определяются условиями закрепления. Для учета снижения предельных напряжений, которые может воспринять элемент жесткости, условно уменьшается его толщина. Принцип наглядно показан на рис. 2.

Стальные профилированные листы получили широкое распространение в покрытиях зданий.

Раньше в нашей стране методика расчета данной конструкции не учитывала в полной мере особенности ее работы.

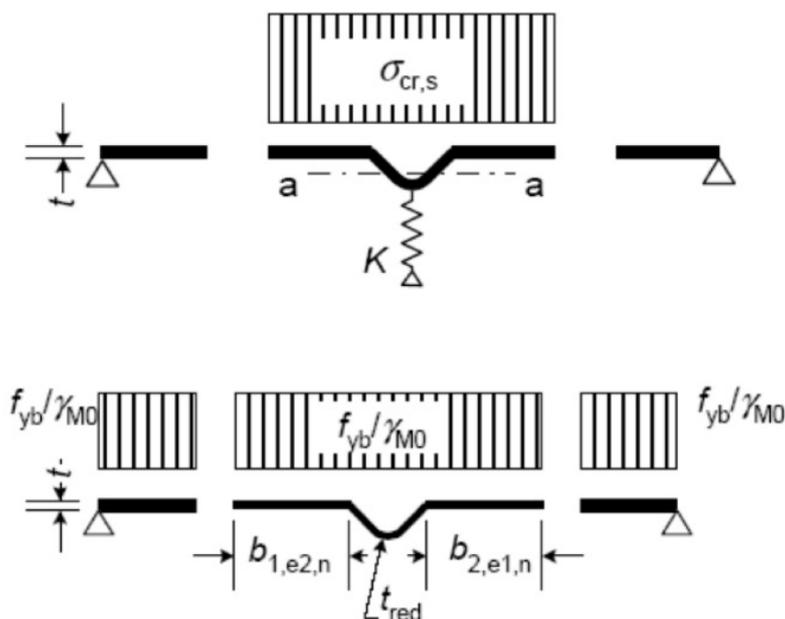


Рис. 2. Принцип учёта потери устойчивости формы сечения

Так, например, в работе коллектива из ЦНИИПСК им. Мельникова [1] производится сравнение основных геометрических характеристик редуцированного (эффективного) сечения профилированных листов, рассчитанных в соответствии с методиками СП 260.1325800.2016 и ГОСТ 24045-80. По результатам полученных расчетов можно сделать вывод о необходимости учета влияния потери формы поперечного сечения гофрированных профилей за счет потери устойчивости промежуточных элементов жесткости.

В последние годы проведена большая работа по усовершенствованию методов расчета тонкостенных конструкций с учетом потери устойчивости сжатых элементов, что отражено в ГОСТ Р 58901-2020 [2] и СП 260.1325800.2023 [3].

На основании работы коллектива из ЦНИИПСК им. Мельникова [3] разработано пособие по проектированию конструкций из стальных тонкостенных холодногнутох профилей [4]. Историкографический обзор приведен в публикации [5].

Значительные результаты показала И.А. Румянцева [6]. В ею приведены разрешающие формулы расчета коэффициентов редукции сжатых полок стальных профилированных листов.

В.Т. Бондарь приводит сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния стальных профилированных листов различных марок [7]. На основании результатов анализа автором найдены характерные формы потери устойчивости, а также определены критические напряжения, необходимые для расчета геометрических характеристик редуцированных сечений.

Расчет тонкостенных стальных конструкций, который позволяет учитывать все характерные особенности гофрированных профилей, является актуальным как для России, так и зарубежных исследований. Применение таких конструкций является экономически целесообразным, так как они

обладают малой массой. Это приводит к рациональному расходованию материала и необходимости использовать технику с меньшей грузоподъемностью.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Разработка изменений в СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования»: Научно-технический отчет: Выпуск 11-3643 (4 этап) [Электронный ресурс] / ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова». – Москва, 2018. – 95 с.

2. ГОСТ Р 58901-2020. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Методика расчёта несущей способности (введен в действие с 1 декабря 2020 г.).

3. СП 260.1325800.2023. Свод правил. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования (введен в действие с 29 января 2024 г.).

4. Пособие по проектированию конструкций из стальных тонкостенных холодногнутого профилей [Электронный ресурс]. «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве». – Москва, 2019.

5. Зенина Ю.С. Покрытие с профилированным настилом, рассчитанным стандартным способом, и обзор публикаций по учету редукиции сечения / Ю.С. Зенина, Н.А. Тестова // IX Международный студенческий строительный форум - 2024: Сб. докладов форума, Белгород, 29 ноября 2024 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2024. – С. 48-51. – EDN KAUNJK.

6. Румянцева И.А. Расчет коэффициентов редукиции сжатых полок профилированных стальных листов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2007. – № 4. – С. 35-39. – EDN ITDGBE

7. Бондарь В.Т. Сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния профилированных листов С-44-1.5 мм, С-21-1.5 мм, СИМС-D02-01А 1.6 // Инженерные исследования. – 2022. - № 3(8). – С.11-19. – URL: <https://eng-res.ru/archive/2022/3/11-19.pdf>

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАНОДОБАВКИ КАРБИДА КРЕМНИЯ НА СВОЙСТВА БЕТОНА

Логинова С.А.¹, Таничев М.В.^{1,2}, Воронов И.А.¹, Гоглев И.Н.², Попов С.М.¹

¹Ярославский государственный технический университет

²Ивановский государственный политехнический университет

Авторами статьи предложена комплексная нанодобавка в бетон на основе карбида кремния (SiC). Исследована кинетика твердения бетона с учетом влияния нанодобавки.

Ключевые слова: бетон, ускорители твердения, комплексная нанодобавка, карбид кремния

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SILICON CARBIDE NANOADDITIVE ON CONCRETE PROPERTIES

Loginova S.A.¹, Tanichev M.V.^{1,2}, Voronov I.A.¹, Goglev I.N.², Popov S.M.¹

¹Yaroslavl State Technical University

²Ivanovo State Polytechnic University

The authors of the article proposed a complex nanoadditive for concrete based on silicon carbide (SiC). The kinetics of concrete hardening was studied taking into account the effect of the nanoadditive.

Keywords: concrete, hardening accelerators, complex nanoadditive, silicon carbide

В настоящее время наиболее широкое применение находят цементные бетоны в монолитном домостроении. Поскольку монолитное строительство востребовано практически повсеместно, включая регионы с суровыми климатическими условиями, вопрос создания необходимых условий нормального процесса твердения материала наиболее актуален. Одной из ключевых характеристик монолитного железобетона является достижение проектируемой прочности не менее 70%, позволяющее проводить последующие строительные работы. Для достижения нужного результата используются специальные добавки, ускоряющие процесс твердения, предотвращающие коррозию арматуры и обеспечивающие защиту от низких температур [1].

Сегодня на рынке представлено значительное разнообразие видов добавок, причем число новых предложений постоянно растет [2, 3]. Однако большинство существующих составов оказывают как положительное, так и негативное влияние на свойства бетона. Лишь небольшая доля предлагаемых добавок характеризуется минимально выраженными нежелательными эффектами. Например, отдельные компоненты добавок способны вызывать химическое разрушение цементного камня, активизировать процессы коррозии стальной арматуры или способствовать избыточной кристаллизации продуктов реакции внутри пор бетона [3]. Именно поэтому создание улучшенных

комплексных добавок на основе нанопорошков является актуальной задачей исследования.

Согласно литературным данным [1-5], теоретически, благодаря введению карбида кремния может возрасти твердость цементного камня. Также, одним из возможных эффектов введения наночастиц карбида кремния в бетон может являться повышение его огнеупорности (карбид кремния подвергается разложению перегретым паром, начиная от температуры от +1300 °С). Однако этот вопрос до конца ещё не изучен в отрасли.

При проведении экспериментальных исследований использовались следующие приборы и оборудование: прибор неразрушающего контроля ударно-импульсный марки ОНИКС-2,5, испытательный пресс 50 т, влагомер диэлькометрический Testo 606-1, вибратор электрический ручной ZitrekZ-35-1,5, весы электронные Mucheng 0,1-500 (точность взвешивания 0,1÷500 г).

В табл. 1 приведен состав новой нанодобавки (с различным сочетанием компонентов). Для исследования изготавливались образцы размером 30×30×30 мм из цементного теста нормальной густоты (В/Ц=0,3).

Таблица 1. Комбинация отдельных компонентов добавки в бетон

Реагент и/или компонент	Количество, %
Дистиллированная вода	24,4
	24,1
	23,2
	21,7
Карбид кремния (SiC) нанопорошок	2,2
	3,6
	7
	13
Портландцемент марки М500Д0	73,4
	72,3
	69,8
	65,3

На рис. 1. представлен график усредненных значений твердения цементных бетонных образцов с новой добавкой и без нее.

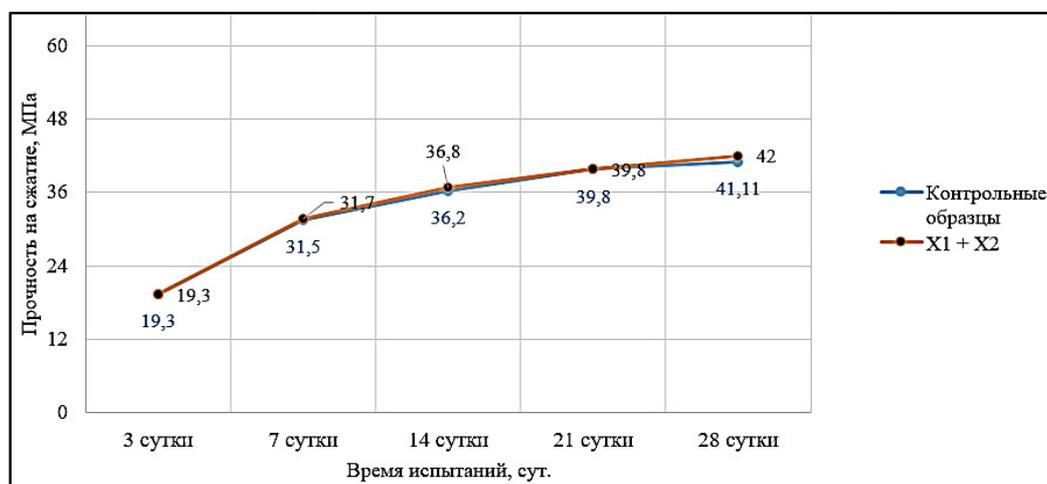


Рис. 1. График максимальных показателей кинетики твердения цементного камня по данным неразрушающего контроля

По результатам испытаний отмечено, что набор средней прочности у новой добавки практически не отличается от контрольных образцов. Согласно расчетам по формуле (1) прирост прочности бетона составил в среднем всего 2,2 %:

$$Z_{\text{общ}} = (|R_{\text{бет1}} - R_{\text{бет2}}|/R_{\text{бет1}}) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $Z_{\text{общ}}$ – полученный прирост прочности от применения сочетаний; $R_{\text{бет1}}$ – фактическая максимальная прочность бетона на сжатие образцов без добавок (контрольных образцов) в последнюю дату расчётного периода; $R_{\text{бет2}}$ – фактическая максимальная прочность бетона на сжатие для конкретного сочетания нанореагентов в последнюю дату расчётного периода.

На основании полученных результатов исследования был сделан вывод о бесперспективности предложенного состава добавки в бетон. По предварительному теоретическому анализу авторов эффективной может оказаться добавка в бетон с добавлением нанопорошка флюата аммония. Однако данное предположение требует экспериментального подтверждения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1.. Применение нанодобавок при производстве бетона / Г.М. Мучкаева, Б.Н. Бадмаев, М.С. Бадмаев, Э.Н. Кикеев, М.Г. Мучкаев // Теория и практика современной науки. – 2017. - № 4 (22). - С. 1036-1039.
2. Гусев Б.В. Бетоны с нанодобавкой из обожженного вторичного бетона / Б.В. Гусев, В.Д. Кудрявцева, В.А. Потапова // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2020. - № 5(12). - С. 245-249.
3. Абдуллаев М.А.В. Высокопрочные мелкозернистые бетоны на основе комплексной нанодобавки / М.А.В. Абдуллаев, А.М. Абдуллаев, Р.М. Абдуллаев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2024. - № 6 (786). - С. 78-93.
4. Логинова С.А. Перспективы использования веществ в нанодисперсном состоянии в составе цементных бетонов / С.А. Логинова, М.В. Таничев, И.Н. Гоглев // Экономика строительства. – 2024. - № 12. - С. 499-501.
5. Loginova S. Study of corrosion resistance of nanomodified concrete in biologically aggressive environments / S. Loginova, M. Tanichev, A. Kalinin // International Journal of Ecosystems and Ecology Science. – 2024. - № 4(14). - С. 217-222.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ТОНКОСТЕННЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОГНЯ

Максимова Д.М., Тумаков С.А.

Научный руководитель – Тумаков С.А., канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье отражены требования пожарной безопасности, критерии оценки огнестойкости и классов пожарной опасности, обеспечение огнестойкости стальных конструкций покрытия.

Ключевые слова: тонкостенные стальные конструкции, воздействие огня, прочность

PROVIDING PROTECTION OF THIN-WALLED STEEL COATING STRUCTURES FROM FIRE

Maksimova D.M., Tumakov S.A.

Scientific Supervisor – Tumakov S.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article reflects fire safety requirements, criteria for assessing fire resistance and fire hazard classes, ensuring fire resistance of steel roof structures.

Keywords: thin-walled steel structures, fire exposure, strength

В современном мире, где стремительное развитие технологий и урбанизация приводят к увеличению плотности застройки и разнообразию архитектурных решений, вопросы обеспечения безопасности зданий и сооружений становятся особенно актуальными. Одним из ключевых аспектов этой безопасности является защита конструкций от огня. Так как пожары представляют угрозу для целостности и функциональности зданий, обеспечение требований защиты конструкций от воздействия огня становится важной задачей для проектировщиков.

Актуальность настоящей работы обусловлена не только растущими требованиями к безопасности зданий, но и изменениями в законодательстве, которые требуют строгого соблюдения норм и стандартов в области пожарной безопасности. В частности, Федеральный закон от 10.07.2012 N 117-ФЗ [1] устанавливает четкие требования к огнестойкости конструкций, методам ограничения распространения пожара и классификации строительных материалов по пожарной опасности.

В общем смысле степень огнестойкости представляет собой способность объекта противостоять пожару и предотвращать распространение его опасных факторов. В соответствии с Федеральным законом ФЗ-123 [2], степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков – классификационная

характеристика, определяемая пределами огнестойкости конструкций, используемых для строительства. Пожарная опасность в помещениях определяется в соответствии с категориями взрывопожарной и пожарной опасности, согласно СП 12.13130.2009 [3].

По ГОСТ 30247.0-94[4], устанавливают следующие предельные состояния и обозначения пределов огнестойкости строительных конструкций:

R – потеря несущей способности (обрушение) конструкции;

E – потеря целостности конструкции вследствие образования в конструкции сквозных отверстий, через которые на необогреваемую поверхность могут проникать пламя и продукты горения.

Пределы огнестойкости строительных конструкций устанавливают по времени от начала огневого испытания при стандартном температурном режиме до наступления одного из нормируемых для данной конструкции предельных состояний по огнестойкости, перечисленных в ч. 2 ст. 35 ФЗ № 123-ФЗ[3].

Согласно табл. 1[3], строительные конструкции регламентируются требуемыми пределами огнестойкости, представленными в таблице 1.

Таблица 1. Пределы огнестойкости конструкций в зависимости от степени огнестойкости

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости рассматриваемых конструкций
I	RE 30
II	RE 15
III	RE 15
IV	RE 15
V	не нормируется

Рассмотрим обеспечение требований пожарной безопасности на примере стальных настилов покрытия строительных конструкций. Следует отметить, что уже при разработке компоновочной схемы покрытия и рассмотрении различных вариантов исполнения покрытия необходимо учитывать требования пожарной безопасности.

Чтобы увеличить огнестойкость стальных конструкций, применяют следующие методы огнезащиты:

- вспучивающиеся огнезащитные краски;
- толстослойные напыляемые составы;
- штукатурные растворы;
- материалы для облицовки (гипсокартон и другие листовые материалы);
- комбинация вышеуказанных методов защиты от огня.

Наряду с огнестойкостью плит бесчердачного покрытия, необходимо также обеспечить огнестойкость несущих стальных конструкций – ферм, балок и прогонов. Согласно п. 5.4.3 [3-5], огнестойкость несущих элементов зданий I и II степеней огнестойкости, как правило, достигается за счет конструктивных решений и использования соответствующих строительных материалов.

Одним из возможных решений для бесчердачного покрытия является использование настилов из стального профилированного листа с различными типами утеплителя и рулонной или мастичной кровлей.

Предел огнестойкости конструкций настилов бесчердачных покрытий, выполненных из стального профилированного листа типа Н по ГОСТ 24045 толщиной не менее 0,7 мм и высотой профиля от 75 мм, закрепленных на стальных элементах покрытия с шагом не более 3,0 м и при воздействии нормативной нагрузки не более 3,2 кПа, составляет не менее RE 15.

Для конструкций настилов бесчердачных покрытий, изготовленных из стального профилированного листа толщиной не менее 1,2 мм и высотой профиля от 114 мм, закрепленных на стальных элементах с шагом не более 6,0 м и при условии, что нормативная нагрузка не превышает 2,4 кПа, предел огнестойкости также составляет не менее RE 15.

Если настил бесчердачного покрытия выполнен из стального профилированного листа толщиной не менее 0,7 мм, высотой профиля от 75 мм и с огнезащитой из плит ТЕХНО ОЗМ толщиной не менее 40 мм и плотностью 160 кг/м³, при условии выполнения огнезащитной обработки стальных конструкций покрытия, при шаге прогонов не более 4,0 м и нормативной нагрузке не более 3,2 кПа, предел огнестойкости составит не менее RE 30.

Ниже даны примеры конструктивных решений настилов бесчердачных покрытий на основе стального профилированного листа:



Рис. 1. Пример конструктивного решения настилов бесчердачных покрытий, выполненных на основе стального профилированного листа, с пределом огнестойкости RE 30



Рис. 2. Пример конструктивного решения настилов бесчердачных покрытий, выполненных на основе стального профилированного листа, с пределом огнестойкости RE 15

Таким образом, работа направлена на обеспечение защиты конструкций от огня и призвана подчеркнуть важность соблюдения требований пожарной безопасности в процессе проектирования и строительства. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения безопасности зданий и сооружений в условиях растущих требований к защитным характеристикам конструкций. На примере стальных настилов покрытия нами рассмотрены отдельные варианты обеспечения защиты конструкции от воздействия огня, являющейся неотъемлемой частью проектирования и строительства современных зданий и сооружений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 10.07.2012 № 117-ФЗ (последняя редакция). – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/35720> (дата обращения 07.04.2025).
2. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ (последняя редакция). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения 06.04.2025).
3. Свод правил СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (утв. приказом МЧС России от 25.03.2009 № 182, в ред. изменения №1, утв. Приказом). – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/14627/> (дата обращения 06.04.2025).
4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» (введен в действие постановлением Минстроя РФ от 23 марта 1995 г. N 18-26). – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/95/9594.pdf> (дата обращения 07.04.2025).
5. ГОСТ 24045-2016 – межгосударственный стандарт «Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия» (введен в действие Приказом Росстандарта от 02.11.2016 N 1569-ст). – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index/63/63081.htm> (дата обращения 06.04.2025).

ВИДЫ УХОДА ЗА БЕТОННЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ВЛАЖНОСТИ

Мустафаев М.Ш., Доброхотов В.Б.

Научный руководитель – Доброхотов В.Б., канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Низкая влажность вредит твердеющему бетону, вызывая высыхание, трещины и потерю прочности. В статье рассматриваются методы ухода за бетоном в таких условиях: водные (распыление, затопление, влажные материалы), химические (пленкообразующие составы), барьерные (паропроницаемые мембраны) и внутренние (добавки, удерживающие воду). Проведен сравнительный анализ методов, обсуждены их плюсы, минусы, стоимость и выбор оптимального метода в зависимости от условий строительства.

Ключевые слова: уход за бетоном, низкая влажность, испарение, растрескивание, гидратация, водные методы, химические методы, барьерные методы, внутренний уход, пленкообразующие составы, мембраны, суперпоглощающие полимеры (SAP).

TYPES OF MAINTENANCE FOR CONCRETE STRUCTURES IN LOW HUMIDITY CONDITIONS

Mustafaev M.Sh., DobrokhotoV.B.

Scientific Supervisor - V.B. DobrokhotoV, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Low humidity is detrimental to curing concrete, causing drying out, cracking and loss of strength. The article discusses methods of concrete care in such conditions: water-based (spraying, flooding, wet materials), chemical (film-forming formulations), barrier (vapour-permeable membranes) and internal (water-holding additives). The methods are comparatively analysed, their pros, cons, cost and selection of the best method depending on the construction conditions are discussed.

Keywords: concrete care, low humidity, evaporation, cracking, hydration, aqueous methods, chemical methods, barrier methods, internal care, film-forming formulations, membranes, superabsorbent polymers (SAP).

Бетон – широко распространённый строительный материал, прочность и долговечность которого напрямую зависят от правильного ухода в период затвердевания. В условиях низкой влажности скорость испарения воды с поверхности бетона значительно возрастает, что может привести к ряду негативных последствий, таких как:

- преждевременное прекращение гидратации цемента
- образование усадочных трещин
- снижение прочности и долговечности бетона
- повышение проницаемости бетона для агрессивных веществ.

В связи с этим выбор и применение эффективного метода ухода за бетоном в условиях низкой влажности является критически важным для обеспечения качества строительных объектов.

Основная цель ухода за бетоном в условиях низкой влажности – предотвратить потерю влаги и обеспечить достаточную гидратацию цемента. Для этого необходимо:

Снизить скорость испарения воды с поверхности бетона.

Поддерживать оптимальную температуру бетонной конструкции.

Обеспечить доступность воды для гидратации цемента.

Существуют различные методы ухода за бетоном, которые можно разделить на несколько основных групп.

1. Водные методы.

Водные методы ухода являются наиболее традиционными и предусматривают поддержание влажной поверхности бетона путём добавления воды.

Регулярное распыление воды: этот метод заключается в периодическом распылении воды на поверхность бетона с помощью шлангов, разбрызгивателей или автоматических систем. Эффективен для поддержания влажности, но требует постоянного контроля и больших объемов воды.

Преимущества: относительная простота и экономичность.

Недостатки: требует постоянного контроля, неравномерное увлажнение, большой расход воды.

Заливка поверхности: заключается в заливке поверхности бетона слоем воды. Подходит для горизонтальных поверхностей, таких как плиты перекрытий и дорожные покрытия.

Преимущества: Эффективное поддержание влажности.

Недостатки: применимо только для горизонтальных поверхностей, сложность организации, большие затраты воды. Укрытие влагоемкими материалами: поверхность бетона укрывается влагоемкими материалами, такими как мешковина, геотекстиль или солома, которые регулярно смачиваются водой.

Преимущества: Обеспечение постепенного высвобождения влаги.

Недостатки: требует регулярного увлажнения, подвержен загрязнению, трудоёмкий.

Использование водяного тумана: распыление воды в виде мелкого тумана, создающего влажную атмосферу вокруг конструкции.

Преимущества: Эффективен для больших площадей и сложных форм.

Недостатки: Зависимость от погодных условий, сложность поддержания стабильной влажности.

2. Химические методы.

Химические методы ухода предусматривают использование пленкообразующих составов (кюринговых компаундов), которые наносятся на поверхность бетона и образуют непроницаемую плёнку, предотвращающую испарение влаги.

Типы кюринговых компаундов:

- на основе смол (акриловые, эпоксидные)
- на основе восков
- на основе полимеров.

Преимущества: Удобство применения, снижение трудозатрат, экономия воды.

Недостатки: требуют тщательной подготовки поверхности, могут влиять на внешний вид бетона, ограниченная эффективность в экстремальных условиях.

3. Барьерные методы.

Барьерные методы предусматривают использование паропроницаемых мембран для предотвращения испарения влаги с поверхности бетона.

Типы мембран:

- полиэтиленовая пленка
- армированная бумага
- специализированные паронепроницаемые мембраны.

Преимущества: Эффективная защита от испарения, простота применения.

Недостатки: может создавать парниковый эффект, требуются дополнительные меры для фиксации мембраны, возможно образование конденсата под пленкой.

4. Методы внутреннего ухода.

Методы внутреннего ухода заключаются в добавлении в бетонную смесь специальных добавок, которые удерживают воду и постепенно высвобождают ее в процессе гидратации цемента.

Типы добавок:

- суперпоглощающие полимеры (SAP)
- легкие заполнители, предварительно насыщенные водой
- порообразователи.

Преимущества: обеспечение равномерного увлажнения по всему объему бетона, снижение риска образования трещин, повышение долговечности.

Недостатки: более высокая стоимость, необходимость оптимизации состава бетонной смеси, возможное влияние на другие свойства бетона.

Краткое сравнение методов ухода за бетоном в условиях низкой влажности.

Преимущества: Водные методы (распыление, затопление, влагоемкие материалы, водяной туман): простота, доступность (распыление), высокая эффективность увлажнения (затопление). Недостатки: требуют контроля, неравномерность, большие затраты воды, применимы не ко всем поверхностям. Подходят: для небольших конструкций, умеренной влажности, плит перекрытий.

Преимущества: Химические методы (пленкообразующие составы): простота применения, снижение трудозатрат, экономия воды. Недостатки: требуют подготовки поверхности, влияют на внешний вид, ограниченная эффективность в экстремальных условиях. Подходят: для различных типов конструкций, больших площадей.

Преимущества: Барьерные методы (мембраны): эффективная защита от испарения, простота. Недостатки: парниковый эффект, фиксация, конденсат. Подходят: для плоских поверхностей, где важна высокая степень защиты от испарения.

Преимущества: Внутренний уход (добавки SAP и др.): равномерное увлажнение, снижение образования трещин, повышение долговечности. Недостатки: высокая стоимость, оптимизация состава

Рекомендации по выбору метода ухода.

Выбор оптимального метода ухода за бетоном в условиях низкой влажности зависит от множества факторов, в том числе:

- климатические условия (температура, влажность, скорость ветра)
- тип бетона (состав, водоцементное отношение)
- размер и форма конструкции
- наличие доступа к воде
- бюджет проекта
- требования к внешнему виду поверхности бетона.

Правильный уход за бетонными конструкциями позволяет повысить качество бетонных работ и продлить срок службы строительных объектов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Невилл А.М. Свойства бетона. Pearson Education. – URL: <https://djvu.online/file/9Iy2wKHjkwFM3> (дата обращения 01.04.2025).

2. Мехта П.К. Бетон: микроструктура, свойства и материалы / Мехта П.К., П.Дж. М. Монтейро. – URL: <https://ksaravind.yolasite.com/resources/P.K.Metha%20CONCRETE%20-%20microstructure%20properties%20and%20materials.pdf> (дата обращения 01.04.2025).

3 Бенц Д.П. Внутреннее отверждение бетона: принципы и практика. URL: <https://books.google.ru/books?id=uUxZDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false> (дата обращения 01.04.2025).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ СВЯЗЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КАРКАСА КРЫТОЙ ЛЕДОВОЙ АРЕНЫ

Никеров М.Е., Тумаков С.А.

Научный руководитель – **Тумаков С.А.**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрены меры усиления жесткости каркаса за счет установки связей распорок в диске покрытия, позволяющие значительно повысить устойчивость каркаса здания и тем самым повысить надежность объекта строительства.

Ключевые слова: *связевые элементы, устойчивость, каркас*

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE LOCATION OF THE BONDS ON THE STABILITY OF THE FRAME OF THE COVERED ICE ARENA

Nikerov M.E., Tumakov S.A.

Scientific Supervisor – **Tumakov S.A.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Yaroslavl State Technical University

Measures for increasing the rigidity of the frame by installing strut connections in the roof disk are considered, which allow to significantly increase the stability of the building frame and thereby increase the reliability of the construction project.

Keywords: *tieelements, stability, frame*

Крытые ледовые арены становятся все более популярными для проведения различных спортивных мероприятий, включая хоккей, фигурное катание и шорт-трек. Основным элементом таких сооружений является каркас, который должен обеспечивать не только устойчивость конструкции, но и оптимальные условия для эксплуатации объекта.

Устойчивость упругой системы и ее отдельных элементов в строительных конструкциях означает их способность поддерживать положение под нагрузкой без значительных изменений исходной формы равновесия. Устойчивые упругие системы могут противодействовать внешним воздействиям в процессе нагружения, не вызывая появления дополнительных напряжений и усилий в сечениях, возникающих ввиду изменения формы системы. Поскольку в строительном проектировании существуют различные способы соединения элементов конструкций в единое целое, будь то пространственная или плоская рама здания, а также разнообразные варианты раскрепления отдельных элементов для достижения устойчивости и пространственной жесткости, проверка устойчивости проектных решений остается актуальной задачей.

Целью исследования является анализ влияния различных конфигураций распорок в диске покрытия металлического каркаса здания на общую устойчивость и устойчивость отдельных элементов.

К задачам исследования следует отнести:

- проведение расчетов и моделирования различных схем расположения связевых элементов в диске покрытия металлического каркаса;
- оценку устойчивости каркаса при различных внешних нагрузках с учетом вариаций конструкций;
- выявление оптимального расположения связевых элементов для повышения устойчивости конструкции.

Численное исследование было проведено с использованием программного обеспечения SCAD++ (лицензия №801908128). В процессе работы было замоделировано одноэтажное здание размером 86,6×43,2 м с металлическими колоннами, расположенными с шагом 6 м и высотой 13,05 м. Крыша здания выполнена из металлических стропильных ферм двутаврового сечения, опирающихся на колонны такого же профиля с типоразмером 45ш1. Для расчета снеговых нагрузок на конструкции выбран снеговой район №III в соответствии с расположением проектируемого здания.

В SCAD++ с помощью инструмента создания узлов были установлены характерные узлы для плоской рамы, введены элементы, моделирующие колонны, и добавлена стандартной процедурой ферма покрытия. Крыша представлена трапециевидной малоуклонной фермой с треугольной решеткой и стойками. Соединение колонн с фермами выполнено шарнирно, а колонн с фундаментом – с жесткой заделкой. Далее с использованием функций копирования был создан пространственный каркас и установлены связи между колоннами и в диске покрытия, что позволило сформировать расчетную схему, представленную на рис. 1, а.

Следующим шагом стало назначение приложенных нагрузок. Для анализа устойчивости нами были заданы нагрузки от собственного веса конструкций и снеговые нагрузки для третьего снегового района. Нормативное значение снеговой нагрузки определяли в соответствии с [5] (п. 10.1, 2); оно составило 0,13 т/м².

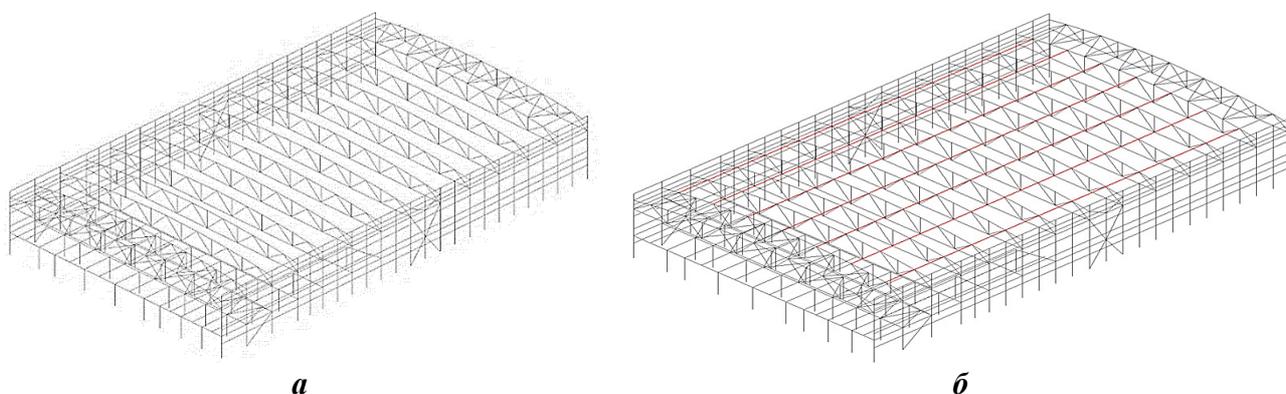


Рис. 1. Расчетные схемы без применения распорок по верхнему поясу (а) и с применением распорок по верхнему поясу (б)

В первом варианте диска покрытия связи-распорки не устанавливали. Прогоны, которые могли бы присутствовать в покрытии, не отображены, так как не во всех случаях они выполняют роль связей.

Во втором варианте создана расчетная схема с установленными распорками в верхнем поясе ферм диска покрытия. При добавлении распорок с заданным сечением была получена схема, представленная на рис. 1, б.

Для обоих вариантов исполнения покрытия выполнили линейный расчет и анализ устойчивости конструктивных схем. Оценку устойчивости осуществляли по коэффициенту запаса устойчивости. В результате выяснили, что в первом варианте коэффициент запаса устойчивости оказался недостаточным для выполнения требований строительных норм и правил. Во втором случае коэффициент запаса устойчивости соответствовал требованиям, указанным в [4].

В первом случае коэффициент запаса устойчивости получился равным 1,13, что меньше минимально допустимого значения 1,30, согласно [4]. Во втором случае коэффициент запаса устойчивости равен 1,55, и он полностью удовлетворяет требованиям норматива.

Проверка коэффициента запаса устойчивости во втором варианте рассматривалась с распорками разного сечения, а именно представленных квадратной трубой с размерами 80×4, 120×5 и 100×4 мм. По итогам расчетов, коэффициент запаса устойчивости составил 1,54, 1,56 и 1,55 соответственно. Коэффициент запаса устойчивости изменяется в малых пределах, и это указывает, что основным фактором, обеспечивающим общую устойчивость каркаса здания, является наличие распорок вне зависимости от их сечения.

Таким образом, установлено, что введение связей в покрытии в виде распорок позволяет увеличить общую устойчивость пространственного каркаса здания.

Установка распорок в диске покрытия в верхнем поясе ферм позволяет обеспечить общую устойчивость каркаса здания без увеличения жесткостных характеристик элементов каркаса. Кроме того, установка связей распорок в верхнем поясе ферм между торцевыми горизонтальными связевыми блоками позволяет уменьшить расчетную длину сжатых элементов верхнего пояса из плоскости фермы. Также стоит отметить, что первичную роль в обеспечении устойчивости играет наличие распорок в диске покрытия, а вторичную – их сечение.

Меры усиления жесткости каркаса за счет установки связей распорок в диске покрытия позволяют значительно повысить устойчивость каркаса здания и тем самым повысить надежность объекта строительства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лейтес С.Д. Устойчивость сжатых стальных стержней. – М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1954. - 305 с.

2. Сон М.П. Инженерная методика расчета устойчивости многопролетных многоэтажных рамных каркасов зданий // Строительная механика и расчет сооружений. – 2010. – № 2. – С. 41-47.
3. Бессолова В.И. Исследование влияния геометрических параметров дисков перекрытий на общую устойчивость железобетонного каркаса многоэтажного жилого здания / В.И. Бессолова, Ю.В. Силаева, С.А. Тумаков // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. 20-21 апреля 2022 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 2. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2022. – С. 424-428. – 1 CD-ROM. – Текст: электронный.
4. СП 294.1325800.2017. Конструкции стальные. Правила проектирования (введен в действие Приказом Минстрой России от 31.05.17 №828/ПР)
5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия / Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
6. Никеров М.Е. Исторический обзор развития теории устойчивости металлических каркасов зданий / М.Е. Никеров, С.А. Тумаков // Семьдесят седьмая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. 17-18 апреля 2024 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 3 ч. Ч. 3. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2024. – С. 530–534. – 1 CD-ROM. – Текст: электронный.

ЗАЩИТА ЗДАНИЯ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

Серебряков А.Д., Балушкин А.Л.

Научный руководитель – Балушкин А.Л., канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Представлен расчет наиболее оптимального варианта по компенсации рисков прогрессирующего обрушения.

Ключевые слова: стальной каркас, прогрессирующее обрушение, связи

PROTECTION OF A STEEL FRAME BUILDING FROM PROGRESSIVE COLLAPSE

Serebryakov A.D., Balushkin A.L.

Scientific Supervisor – Balushkin A.L., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The calculation of the most optimal option for compensating for the risks of progressive collapse is presented.

Keywords: steel frame, progressive collapse, connections

Для проектирования защиты несущих колонн стального каркаса от прогрессирующего обрушения рассматриваются вторичные расчетные схемы, полученные отдельным выключением из работы колонн среднего ряда по осям 1 и 3 [1].

Моделирование локального разрушения производится путем отключения опорной связи у рассматриваемой колонны.

На рис. 1 включено отображение перемещений в узлах по направлению Z (вертикальная ось). Рассматриваемая колонна падает вниз на 110 см и этим вызывает разрушение большей части элементов каркаса (элементы выделены красным цветом).

В результате анализа была разработана система крестообразных связей по колоннам, расположенных в уровне над подкрановой балкой (рис. 2). Сечение представляет собой квадратную трубу размерами 100×4 [2]. Общий расход стали по связям на весь каркас составляет 3 т.

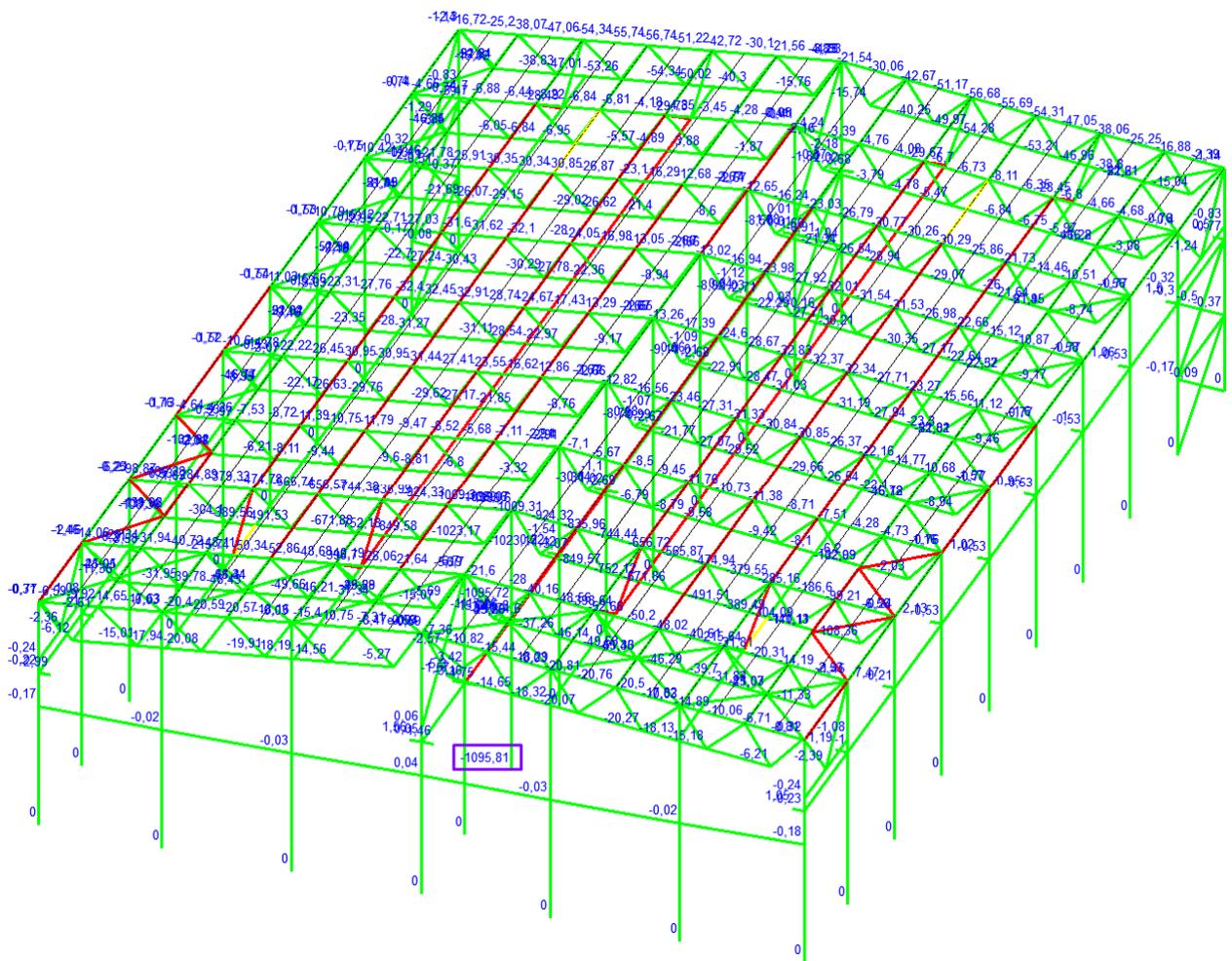


Рис. 1. Результат расчета по вторичной расчетной схеме без дополнительных связей

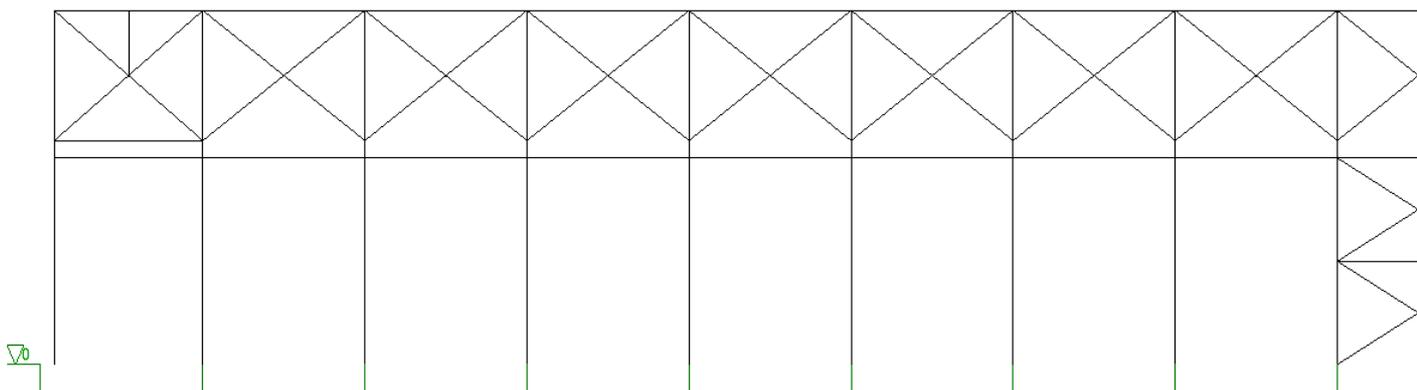


Рис. 2. Симметричный фрагмент системы связей по колоннам среднего ряда

Для обеспечения прочности при локальном разрушении крайней колонны среднего ряда смоделированы дополнительные элементы связи по торцам здания (рис. 3).

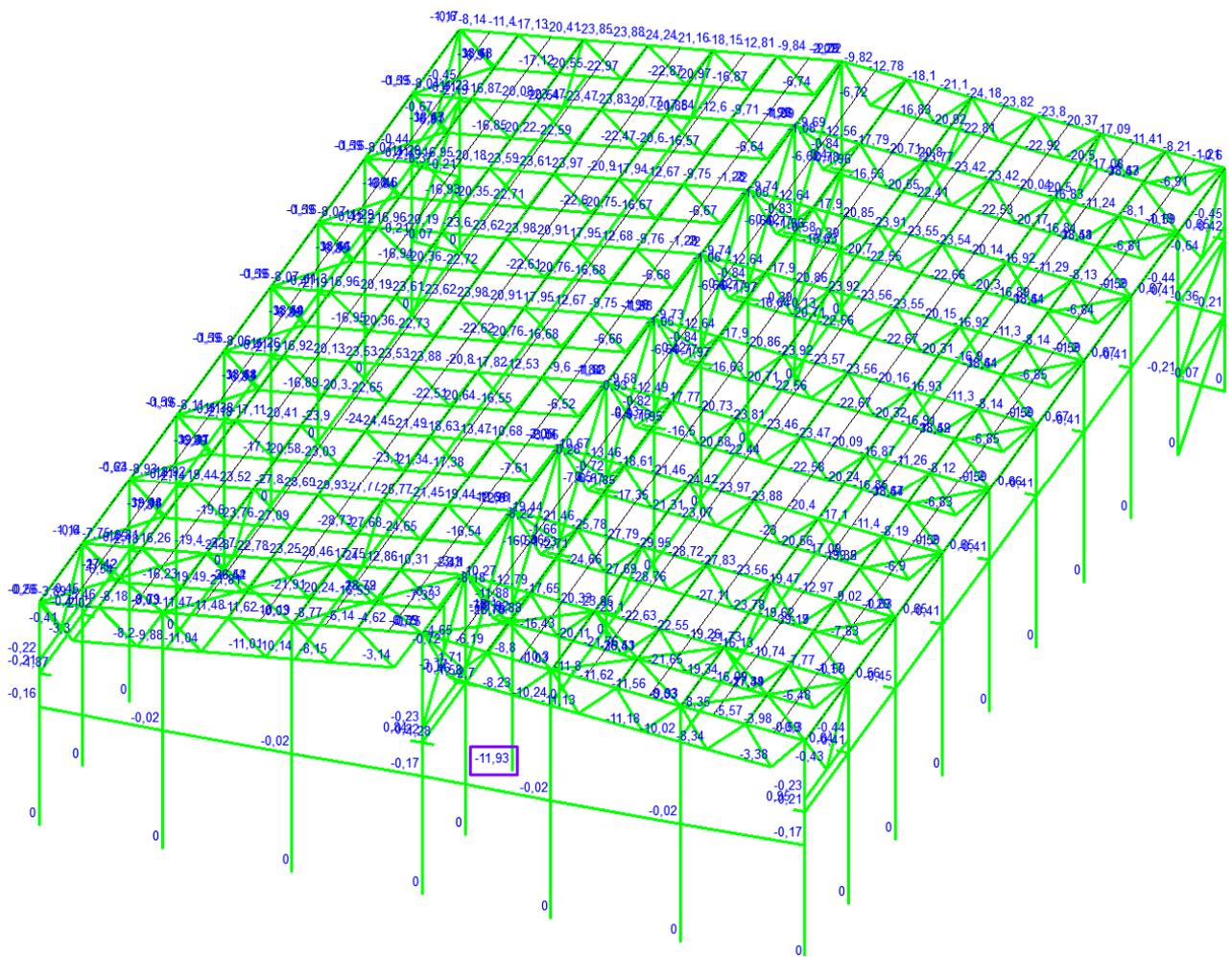


Рис. 3. Результат расчета по вторичной расчетной схеме с дополнительными связями

Введение связей уменьшило перемещение в рассматриваемой колонне по направлению Z (вертикальная ось) со 110 см до 1 см и обеспечило прочность всех элементов каркаса с максимальным коэффициентом использования 0.98.

В качестве альтернативы крестообразным связям в первом приближении была разработана подстропильная ферма с сечениями из квадратных труб у поясов 100×4 и решетки 63×3 (рис. 4).

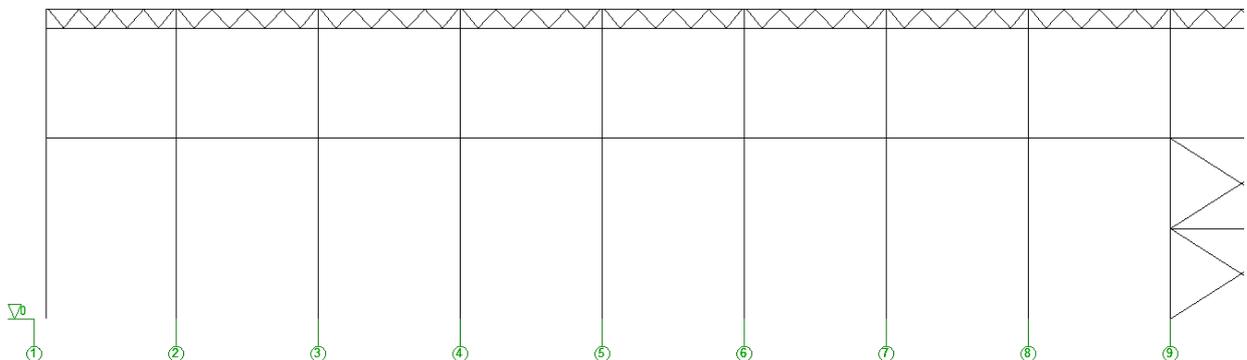


Рис. 4. Симметричный фрагмент подстропильных ферм между колоннами среднего ряда

Общий расход стали составляет 2.9 т. При этом, согласно экспертизе, размеры сечения необходимо увеличить для поясов – до 140.0×5.5, а для решетки – до 90×3, что значительно увеличит металлоемкость.

Выводы

1. В одноэтажном двухпролетном промышленном здании со стальным каркасом при размещении кранового оборудования в качестве защиты от прогрессирующего обрушения эффективно работает система крестообразных связей по колоннам.

2. Расчет наиболее оптимального варианта по компенсации рисков прогрессирующего обрушения представляет собой итерационный процесс анализа напряженно-деформированного состояния значительного числа элементов каркаса, сопровождающийся выбор эффективных конструктивных решений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Серебряков А.Д. Особенности моделирования зданий со стальным каркасом при наличии рисков прогрессирующего обрушения / А.Д. Серебряков, А.Л. Балушкин // Семьдесят седьмая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. 17-18 апреля 2024 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 3 ч. Ч. 3. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2024. – С. 485-488. – 1 CD-ROM. – Текст: электронный.

2. ГОСТ Р 54157-2010. Системы управления энергией. Требования и рекомендации по внедрению. – М.: Издательство стандартов, 2010. – 40 с.

3. СП 385.1325800.2018. Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Общие положения. – М.: Издательство Минстрой России, 2018. – 19 с.

4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* – М.: Издательство Минстрой России, 2016. – 80 с.

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА БАСЕЙНОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Сурков М.Д.¹, Быкова А.С.²

¹Ивановский государственный политехнический университет

²Ивановский государственный химико-технологический университет

Рассмотрен процесс интеграции тепловых насосов в системы вентиляции и кондиционирования бассейнов.

Ключевые слова: микроклимат, вентиляция, кондиционирование, тепловой насос

FEATURES OF PROVIDING MICROCLIMATE OF SWIMMING POOLS BASED ON THE USE OF HEAT PUMPS

Surkov M.D.¹, Bykova A.S.²

¹Ivanovo State Polytechnical University

²Ivanovo State Chemical-Technological University

The process of integrating heat pumps into the ventilation and air conditioning systems of swimming pools is considered.

Keywords: microclimate, ventilation, air conditioning, heat pump

Вентиляция и кондиционирование бассейнов представляют собой важные аспекты поддержания комфортного и безопасного микроклимата в помещениях с бассейнами. Сложность задачи обеспечения оптимальных условий заключается в необходимости поддержания стабильной температуры и влажности воздуха, а также в обеспечении эффективного удаления хлора и других химических соединений, испаряющихся из воды. Тепловые насосы представляют собой эффективное и экономичное решение для вентиляции и кондиционирования помещений бассейнов, поскольку позволяют использовать тепло воды для нагрева воздуха и поддержания оптимального микроклимата.

Тепловые насосы работают на принципе переноса тепла из одного источника (источник тепла) в другое место (потребитель тепла), даже если температура источника тепла ниже, чем температура потребителя. В контексте бассейнов тепловые насосы могут использовать тепло воды в бассейне или окружающего воздуха для нагрева помещения и поддержания оптимального уровня влажности [1,2].

Применение тепловых насосов в системах вентиляции и кондиционирования бассейнов обеспечивает выполнение ряда задач:

1. Поддержание температуры и влажности. Одной из основных задач при обслуживании закрытых бассейнов является поддержание стабильной температуры и влажности воздуха в помещении. Тепловые насосы способны эффективно решать эту задачу, перерабатывая тепло из воды бассейна или воздуха для подогрева помещения и поддержания комфортной влажности.

2. Экономичность. Использование тепловых насосов для вентиляции и кондиционирования помещений бассейнов позволяет значительно снизить энергетические затраты по сравнению с традиционными системами отопления и кондиционирования. Эффективность тепловых насосов значительно выше, что позволяет экономить до 70% энергии.

3. Качество воздуха. Тепловые насосы могут быть интегрированы с системами вентиляции для обеспечения не только поддержания температуры и влажности, но и эффективного удаления хлора и других вредных веществ из воздуха. Это способствует созданию здоровой и безопасной атмосферы в помещении бассейна.

4. Универсальность. Современные тепловые насосы могут быть настроены для выполнения множества задач, включая нагрев воды в бассейне, вентиляцию и кондиционирование воздуха в помещении, а также подогрев полов и стен. Это делает их универсальным решением для комплексного обеспечения комфорта в зонах отдыха.

Основными ключевыми технологическими аспектами применения тепловых насосов в вентиляции и кондиционировании бассейнов являются [3, 4]:

1. Интеграция с существующими системами. Тепловые насосы могут быть эффективно интегрированы с существующими системами вентиляции и кондиционирования в помещениях бассейнов. Это позволяет дополнить и оптимизировать работу систем без необходимости полной их замены.

2. Автоматизация. Современные тепловые насосы оснащены умными системами управления, которые позволяют автоматически поддерживать заданные параметры микроклимата в помещении. Автоматизация способствует упрощению эксплуатации систем и повышению их эффективности.

3. Экологичность. Использование тепловых насосов в системах вентиляции и кондиционирования помогает снизить вредные выбросы в атмосферу. Так как основным источником энергии является тепло окружающей среды или воды, это сокращает зависимость от ископаемого топлива и способствует снижению углеродного следа объектов.

Использование тепловых насосов для обеспечения микроклимата бассейнов уже нашло широкое применение во многих странах мира, благодаря своей энергоэффективности и экологичности [5]. Приведем несколько реальных примеров такого использования.

1. Аквапарк «Терме Букорешти», Румыния. Один из крупнейших аквапарков в Европе, «Терме Букорешти» в Румынии, использует тепловые насосы для поддержания оптимального микроклимата и температуры воды в своих бассейнах. Система тепловых насосов обеспечивает эффективное использование энергии, извлекая тепло из подземных источников и воздуха, что позволяет существенно сократить затраты на отопление и кондиционирование огромного комплекса.

2. Спортивный комплекс «Lübeck», Германия. В городе Любек в Германии спортивный комплекс с бассейном использует тепловые насосы для подогрева воды и воздуха в помещениях. Система работает на принципе восстановления

тепла от сточных вод бассейна, что обеспечивает высокую эффективность и позволяет значительно снизить потребление энергии для поддержания необходимых условий.

3. Олимпийский бассейн в Лондоне, Великобритания. Для Олимпийских игр 2012 года в Лондоне был построен бассейн, оснащённый инновационной системой тепловых насосов. Эта система использует тепло, извлеченное из сточных вод, для обогрева бассейнов и помещений. Благодаря этому удалось значительно сократить потребление энергии и углеродные выбросы.

4. Центр водных видов спорта в Аска, Швеция. В городе Аска, Швеция, центр водных видов спорта использует тепловые насосы для подогрева воды в бассейнах и поддержания комфортной температуры воздуха. Система способна извлекать тепло даже из холодного наружного воздуха благодаря высокоэффективным тепловым насосам, что делает ее работу особенно экономичной в холодное время года.

5. Гостиничный комплекс «Blue Lagoon», Исландия. Знаменитый геотермальный курорт «Blue Lagoon» в Исландии использует тепловые насосы для поддержания температуры воды в лагуне и отопления помещений. Энергия извлекается из геотермальных источников, что делает систему практически бесплатной в эксплуатации и исключительно экологичной.

Эти примеры демонстрируют, как тепловые насосы могут быть использованы для создания комфортного и энергоэффективного микроклимата в различных водных комплексах по всему миру. Они подтверждают возможность сокращения операционных расходов и углеродного следа за счет использования возобновляемых источников энергии и инновационных технологий. Кроме того, примеры иллюстрируют разнообразие подходов к применению тепловых насосов в зависимости от климатических условий, доступных ресурсов и специфических потребностей объекта.

Особенностью использования тепловых насосов - их высокая адаптивность к различным климатическим условиям. Например, в холодных регионах, таких как Швеция или Исландия, тепловые насосы могут использовать низкотемпературные геотермальные источники или энергию окружающего воздуха для эффективного обогрева. В более теплых регионах они могут использоваться для охлаждения помещений бассейнов, извлекая тепло из воды или воздуха и передавая его наружу.

Экологическая безопасность и устойчивость использования тепловых насосов также заслуживают особого внимания. Тепловые насосы не только способствуют сокращению потребления ископаемого топлива и уменьшению выбросов парниковых газов, но и обеспечивают более чистый и здоровый воздух в помещении за счет фильтрации и циркуляции. Это особенно важно для бассейнов, где качество воздуха напрямую влияет на здоровье и благополучие посетителей.

Постоянное совершенствование технологий тепловых насосов открывает новые перспективы для их применения в вентиляции и кондиционировании бассейнов. Развитие материалов, улучшение эффективности хладагентов, интеграция с системами умного дома и автоматизация управления

микроклиматом – все это способствует повышению комфорта и безопасности эксплуатации водных комплексов, при одновременном снижении экологического воздействия.

Необходимость в квалифицированном техническом обслуживании является одним из основных вызовов при использовании тепловых насосов. Для обеспечения надежной и эффективной работы системы требуются регулярные проверки и обслуживание специалистами. Кроме того, начальные инвестиции в установку теплового насоса могут быть довольно высокими, что требует тщательного планирования и расчета окупаемости проекта.

С учетом стремления к снижению углеродного следа и повышению энергоэффективности объектов, тепловые насосы продолжают занимать важное место в системах вентиляции и кондиционирования бассейнов. Развитие технологий и снижение стоимости производства оборудования могут сделать тепловые насосы ещё более доступными для широкого круга потребителей.

Кроме того, интеграция тепловых насосов с другими возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечные панели или ветровые установки, может дать дополнительное снижение операционных расходов и уменьшение экологического воздействия. Такие гибридные системы могут обеспечить еще большую независимость от ископаемого топлива и снизить затраты на электроэнергию [3].

При проектировании и эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования бассейнов на основе применения тепловых насосов важно учитывать ряд ключевых аспектов:

1. Тщательный расчет энергетических потребностей — для определения оптимальной мощности теплового насоса и возможностей его интеграции с существующими системами.

2. Выбор качественного оборудования от проверенных производителей с хорошей репутацией на рынке, что гарантирует надежность и долговечность системы.

3. Обеспечение доступности для технического обслуживания – расположение тепловых насосов и других элементов системы должно быть продумано таким образом, чтобы обеспечить удобство доступа для регулярных осмотров и ремонта.

4. Применение современных систем управления и автоматизации для оптимизации работы тепловых насосов и поддержания стабильных параметров микроклимата в помещении бассейна.

5. Учет экологических аспектов при выборе тепловых насосов, предпочтение следует отдавать моделям, использующим экологически чистые хладагенты [4, 5].

Интегрированные в систему вентиляции и кондиционирования воздуха бассейнов тепловые насосы открывают новые возможности для создания комфортных, энергоэффективных и экологически устойчивых условий для отдыха и занятий спортом. Благодаря своей эффективности и экономичности, а также способности значительно снизить эксплуатационные расходы, тепловые

насосы становятся все более предпочтительным выбором для объектов различного назначения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. AirFresh.ru. Вентиляция бассейнов – URL: <https://www.airfresh.ru/ventilyatsiya-basseynov.htm> (дата обращения: 20.04.2023).
2. Рекомендации АВОК 7.5-2020 «Обеспечение микроклимата и энергосбережение в крытых плавательных бассейнах. Нормы проектирования» - М.: АВОК, 2020. – 24 с.
3. Европейский опыт интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистемы: монография / под ред. П. С. Громова. – СПб.: Невский Экспресс, 2020. – 256 с.
4. Иванов А.В. Возобновляемые источники энергии: проблемы и перспективы развития / А.В. Иванов. – М.: Энергия, 2019. – 112 с.
5. Козлов Н.В. Анализ экологии энергетических систем на основе возобновляемых источников энергии / Н.В. Козлов. – Таганрог: Экоэнергия, 2020. – 98 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ФУНДАМЕНТНЫХ БАЛОК НА ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИЗОТРОПНОМ ОСНОВАНИИ

Троян Ю.А., Тумаков С.А.

Научный руководитель – Тумаков С.А., канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено использование математической модели трансверсально-изотропного грунтового основания в качестве модели грунтового основания с использованием обобщенного коэффициента податливости или модуля деформации трансверсально-изотропного основания.

Ключевые слова: фундаментная балка, трансверсально-изотропное основание, математическая модель

MATHEMATICAL MODEL CALCULATION BEAMS ON AT TRANSVERSAL-ISOTROPIC BASIS

Troyan Yu.A., Tumakov S.A.

Scientific Supervisor – Tumakov S.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article considers the use of a mathematical model of a transversely isotropic soil foundation as a model of a soil foundation using a generalized coefficient of compliance or the modulus of deformation of a transversely isotropic foundation.

Keywords: foundation beam, transversely isotropic foundation, mathematical model

Задача назначения напряжений, передаваемых от фундамента конструкции к грунту, является основополагающей в проведении оценки прочности и устойчивости основания. При этом прочность и устойчивость конструкций обусловлены не только напряжением в грунте по подошве такой конструкции, но и зависят от напряжений в нижерасположенных слоях грунта. Необходимо устанавливать границы грунтового массива, принимающего нагрузку от фундамента и значения существующих напряжений в каждой точке грунтовой толщи. Для решения таких задач применяются уравнения теории упругости, верных и для сплошных линейно деформируемых тел.

Как правило, грунты, залегающие обширными пластами, подвергаются нагрузке, приложенной на ограниченной площади. Предполагается, что в передаче напряжений внутри массива принимает участие большая толщина грунта, не замкнутая в своем расширении никакими границами. Возможно представить данный массив как бесконечно располагающийся объем, который ограничен сверху горизонтальной плоскостью действующей силы. Геометрическое представление о бесконечно распространенном объеме,

ограниченном одной плоскостью, разделяющей все пространство на две части, называется полупространство. Давление на одну поверхность полупространства может принимать любой характер.

Нагрузка сооружения прикладывается, в большинстве случаев, не к поверхности массива, а на глубине заложения подошвы фундамента. Значит, грунт можно рассматривать как полупространство, поверхность которого соответствует подошве фундамента и находится под действием неравномерной нагрузки: в границах конструкции нагрузка представляется сильно нагруженным фундаментом, а на остальной части поверхности полупространства – весом грунта, лежащего над уровнем подошвы фундамента.

Геометрическая анизотропия является важнейшей структурно-механической особенностью большинства грунтов. Она проявляется в отличающихся по значениям прочностях, в зависимости от направления, деформируемости, водо- и газопроницаемости и других факторов. Грунты, как продукты разрушения различных скальных горных пород литосферы, представляют собой дисперсные среды. В результате проведения большого числа опытов, изучающих фильтрационные, деформационные, прочностные и другие свойства грунтов (по различным направлениям), фиксировалось отличие этих показателей. Результаты свидетельствуют об анизотропном характере этих свойств.

Отмечается, что причиной анизотропии является упорядоченное строение грунта, обусловленное слоистостью или преобладающей ориентацией частиц. Такое строение может быть вызвано как одиночными процессами (гравитация), так и совокупностью условий литогенеза (гравитация, цикличность осадконакопления, фильтрация, тектонические подвижки и т.д.).

Приведем итоговую структуру математической модели анизотропного грунтового основания, рассматривающей свойства анизотропии грунтового полупространства на напряженно-деформированное состояние фундаментных конструкций [1, 2]. Считаем известными деформационные и прочностные характеристики грунтов. Математическое моделирование производится для частного случая анизотропного грунтового основания – трансверсально-изотропного основания как линейно деформируемой анизотропной среды.

Запишем формулу перемещения поверхности трансверсально-изотропного упругого полупространства в виде

$$w = \frac{P\alpha(s_1 + s_2)(a - \gamma)\sqrt{d}}{2\pi(ac - d)r}. \quad (1)$$

Формулу (1) преобразуем в виде решения Буссинеска для изотропного упругого полупространства:

$$w = \frac{P(1 - \nu^2)}{\pi E_K r}, \quad (2)$$

где E_K – приведенный модуль деформации, определяемый следующим выражением:

$$E_K = 2(1 - \nu^2)K^* \quad (3)$$

где K^* – обобщенный коэффициент податливости трансверсально-изотропного полупространства, вычисляемый по формуле

$$K^* = \frac{ac - d}{\alpha(s_1 + s_2)(a - \gamma)\sqrt{d}} \quad (4)$$

Рассмотрим применение приведенного модуля деформации E_K для расчета фундаментных структур на примере балки, лежащей на трансверсально-изотропном упругом полупространстве, имеющего различные характеристики деформации [3]. Для вычисления данной задачи используем метод Жемочкина-Синицына (рис. 1, а и б).



Рис. 1. Реализация метода Жемочкина-Синицына для решения поставленной задачи

Исследуем балку длиной 3.5 м с прямоугольным сечением $b \times h = 1.0 \times 0.3$ м и модулем упругости материала балки $E = 24000$ кПа. На балку действует вертикальная сосредоточенная сила $F = 20$ кН. Для данной конструкции при симметричной нагрузке и при размещении заделки в середине балки угол поворота сечения $\varphi_0 = 0$. Разбивая балку на семь участков размером $c = 0.5$ м, имеем пять неизвестных – четыре X_i и смещение по оси Z в середине балки z_0 . Тогда возникает система

$$\left. \begin{aligned} X_0 \delta_{00} + X_1 \delta_{01} + X_2 \delta_{02} + X_3 \delta_{03} + z_0 &= 0 \\ X_0 \delta_{10} + X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} + X_3 \delta_{13} + z_0 &= 0 \\ X_0 \delta_{20} + X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} + X_3 \delta_{23} + z_0 &= 0 \\ X_0 \delta_{30} + X_1 \delta_{31} + X_2 \delta_{32} + X_3 \delta_{33} + z_0 &= 0 \\ X_0 + X_1 + X_2 + X_3 &= F/2 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где

$$\delta_{ij} = V_{ij} + \alpha \omega_{ij}, \quad (6)$$

где V_{ij} – перемещение поверхности грунтового основания от единичной силы $X_j = 1$ по i -направлению, вычисляемое по формуле (2);

ω_{ij} – перемещение балки в основной системе от единичной силы X_j по i -направлению, вычисляемое стандартными методами строительной механики.

$$\alpha = \frac{\pi E_K c^4}{6EI(1 - \nu^2)}, \quad (7)$$

где E – модуль упругости материала балки;

I – момент инерции сечения балки;

ν – коэффициент Пуассона грунта.

Для балки, лежащей на трансверсально-изотропном основании с модулями деформации $E_z = 20$ МПа, $E_r = 15$ МПа, система уравнений (5) имеет следующие решения:

$$X_0 = 1.49 \text{ кН};$$

$$X_1 = 2.83 \text{ кН};$$

$$X_2 = 2.57 \text{ кН};$$

$$X_3 = 3.11 \text{ кН};$$

$$z_0 = -17.0 \text{ м или } z_0 \text{ факт} = z_0/\alpha = -0,00057 \text{ м.}$$

Тем же методом производим вычисления для балки на изотропном полупространстве с модулем деформации $E = 20$ МПа и на трансверсально-изотропном основании с модулями деформации $E_z = 20$ МПа, $E_r = 10$ МПа и модулями деформации $E_z = 20$ МПа, $E_r = 5$ МПа. Итоги расчетов [4] в части прогибов балки показали, что учет анизотропных свойств при вычислении деформаций значительно варьирует количественные величины таких деформаций. Повышение вертикальной составляющей деформации балки на трансверсально-изотропном основании с модулями деформации $E_z = 20$ МПа, $E_r = 5$ МПа в сравнении с вычислением, не учитывающим анизотропию, составило 88 %.

Таким образом, выявлено, что использование математической модели трансверсально-изотропного грунтового основания в качестве модели грунтового основания с использованием обобщенного коэффициента податливости K^* или модуля деформации трансверсально-изотропного основания E_K , в большей мере предусматривает фактические деформационные свойства грунтов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тумаков С.А. Математическая модель трансверсально-изотропного грунтового основания при расчете фундамента балок / С.А. Тумаков, Г.Н. Голубь, Г.Ю. Теренина // Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 17. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2022. – С. 153-161.
2. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела / С.Г. Лехницкий. - М.: Наука, 1977. – 416 с.
3. Расчет и проектирование фундаментов на естественном основании / С.А. Тумаков, А.Л. Балущкин, Г.Н. Голубь, С.М. Милонов: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2019. – 152 с.
4. Tumakov S.A. Research of stress and deformation of the foundation slab of the building taking into account anisotropic soil properties / S.A. Tumakov, G.N. Golub' // International Scientific-Practical Conference on Quality Management and Reliability of Technical Systems. St. Petersburg, 2019. – DOI: 10.1088/1757-899X/666/1/012078

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ СВЯЗЕВЫХ БЛОКОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЗДАНИЯ ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОРПУСА

Хазов К.Г., Тумаков С.А.

Научный руководитель – **Тумаков С.А.**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрено применение диагональных связей и связевых стен в сочетании с жесткими рамными системами и прогонами при моделировании каркаса здания.

Ключевые слова: устойчивость, связевые блоки, каркас

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF STRUCTURAL SCHEMES OF COMMUNICATION BLOCKS ON THE STABILITY OF THE BUILDING OF THE SPORTS AND RECREATION BUILDING

Khazov K.G., Tumakov S.A.

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

Yaroslavl State Technical University

The article considers the use of diagonal ties and tie walls in combination with rigid frame systems and purlins when modeling the building frame.

Keywords: layering, tie blocks, frame

Физкультурно-оздоровительные комплексы (ФОК) представляют собой здания с большими пролетами, предназначенные для организации спортивных мероприятий и обеспечения комфортных условий для посетителей. Каркас таких зданий, как правило, выполнен из стали, что обусловлено высокими эксплуатационными характеристиками материала, включая прочность, долговечность и относительную легкость [1].

Обеспечение пространственной устойчивости каркаса здания имеет ключевое значение, так как из-за больших пролетов и минимального количества внутренних колонн такие конструкции подвержены прогибам и деформациям. Для минимизации этих эффектов применяются связевые блоки различных типов.

Целью данной работы является анализ влияния различных схем связевых блоков на устойчивость каркаса одноэтажного физкультурно-оздоровительного комплекса.

Проектирование ФОК часто связано с необходимостью создания зданий с большими открытыми пространствами, где колонны и перегородки должны быть сведены к минимуму. Такие требования предъявляют высокие требования к жесткости каркаса здания, поскольку большие пролетные конструкции могут быть подвержены значительным деформациям под воздействием нагрузок. В этом контексте особое внимание следует уделить выбору связевых блоков, которые обеспечат необходимую устойчивость конструкции, минимизируют прогибы и равномерно распределяют нагрузки по элементам каркаса.

Жесткость и устойчивость стальных конструкций могут быть значительно улучшены за счет правильного выбора и применения связевых блоков. Существуют различные схемы связевых блоков, такие как жесткие рамные системы, связевые стены и диагональные связи, каждая из которых обладает своими преимуществами и особенностями применения в зависимости от конкретных условий.

Жесткие рамные системы – это классический вариант конструктивных схем, где каркас состоит из колонн и балок, соединенных жесткими узлами. Такая система обеспечивает пространственную жесткость и может эффективно применяться для зданий с небольшими пролетами [2]. Однако при увеличении длины пролетов и, соответственно, высоты здания, жесткость этих систем может стать недостаточной для обеспечения требуемого уровня устойчивости. Жесткие рамные системы также могут быть неэффективными при воздействии динамических нагрузок, таких как ветровые нагрузки, что приводит к увеличению деформаций и возможным колебаниям конструкции.

В то же время эти системы обладают высокой экономичностью и относительной простотой монтажа. Жесткие рамные системы также требуют больших усилий при проектировании соединений и узлов, поскольку для обеспечения нужной жесткости необходимо использовать дополнительные элементы усиления, что может увеличить стоимость проекта. Моделирование, проведенное в программе SCAD, показало, что для одноэтажных зданий с относительно небольшими размерами жесткие рамные системы способны обеспечить минимальные деформации и прогибы, но с увеличением высоты или размеров пролетов эти деформации значительно увеличиваются, что требует применения дополнительных стабилизирующих элементов.

Связевые стены являются одним из наиболее эффективных решений для обеспечения жесткости в зданиях с большими пролетами. Эти конструкции представляют собой вертикальные элементы, которые воспринимают горизонтальные нагрузки и распределяют их по каркасу. Связевые стены могут быть выполнены из различных материалов, включая железобетон и сталь, что позволяет подбирать оптимальное решение в зависимости от требований к прочности и долговечности. При применении связевых стен в проектировании одноэтажных ФОК значительно снижается прогиб каркаса, а устойчивость конструкции к горизонтальным нагрузкам, таким как ветровые воздействия, значительно повышается [3].

В результате численных экспериментов, проведенных с использованием программы SCAD, было установлено, что использование связевых стен в проектировании ФОК позволяет уменьшить прогибы на 30–40% по сравнению с жесткими рамными системами. Однако важным ограничением является необходимость применения связевых стен на определенных участках здания, что может ограничить гибкость архитектурных решений и планировочных возможностей [4]. Для оптимального распределения нагрузок и достижения высокой жесткости таких систем важно правильно расположить связевые стены по периметру здания, а также учитывать дополнительные факторы, такие как воздействие вертикальных нагрузок.

Диагональные связевые системы, в отличие от жестких рамных систем и связевых стен, обеспечивают наибольшую энергоемкость и способны эффективно распределять нагрузки по всей конструкции. Диагональные связи, расположенные в угловых участках здания или вдоль его периметра, представляют собой элементы, которые воспринимают как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки, улучшая жесткость каркаса и уменьшая прогибы. В отличие от традиционных связевых стен, диагональные связи позволяют значительно экономить материалы и усилия на монтажных работах.

Моделирование диагональных связей в программе SCAD показало, что такая система позволяет снизить относительные прогибы до 50% по сравнению с жесткими рамными системами, что делает их предпочтительным выбором для одноэтажных объектов с большими пролетами. Однако диагональные связи требуют высококачественных материалов, таких как высокопрочные стали, а также могут увеличивать стоимость монтажа из-за сложности установки и потребности в дополнительных соединениях и узлах.

Дополнительно в рамках исследования в конструктивную схему были введены прогоны, выполняющие функцию горизонтальных связующих элементов между фермами покрытия. Добавление прогонов позволило перераспределить часть нагрузок и повысить общую пространственную жесткость конструкции. Варианты с прогонными элементами показали улучшенные характеристики устойчивости, особенно в сочетании с диагональными связями. Моделирование продемонстрировало, что при наличии прогонов наблюдается снижение прогибов как по вертикали, так и по горизонтали на 10–15% по сравнению с вариантами без прогонов. Прогон также способствовали изменению схем связевых блоков – за счет их дополнительной опорной роли стало возможным сократить количество вертикальных связей или изменить их конфигурацию, не снижая при этом общей жесткости каркаса. Это дало возможность добиться большей свободы в архитектурном планировании внутренних пространств [5].

Проведенные численные эксперименты продемонстрировали, что выбор оптимальной схемы связевых блоков зависит от ряда факторов, таких как высота здания, тип нагрузок и архитектурные ограничения. Для одноэтажных зданий, таких как ФОК, с большим открытым пространством оптимальным решением являются диагональные связи, которые обеспечивают минимальные прогибы при сравнительно низкой стоимости материалов. В то же время для более сложных конструкций с дополнительными перегородками и колоннами связевые стены могут быть предпочтительнее, так как они обеспечивают более высокую жесткость при меньших деформациях. Важно учитывать, что для зданий с высокими эксплуатационными требованиями, такими как спортивные объекты, необходимо применять системы, которые обеспечат долговечность и устойчивость при постоянных эксплуатационных нагрузках, а также не создадут препятствий для свободного пространства внутри здания.

Таким образом, исследования показывают, что конструктивные схемы связевых блоков оказывают значительное влияние на устойчивость стального каркаса одноэтажного физкультурно-оздоровительного комплекса. Для

эффективного проектирования необходимо учитывать не только прочностные характеристики материалов, но и особенности распределения нагрузок по конструкции [6].

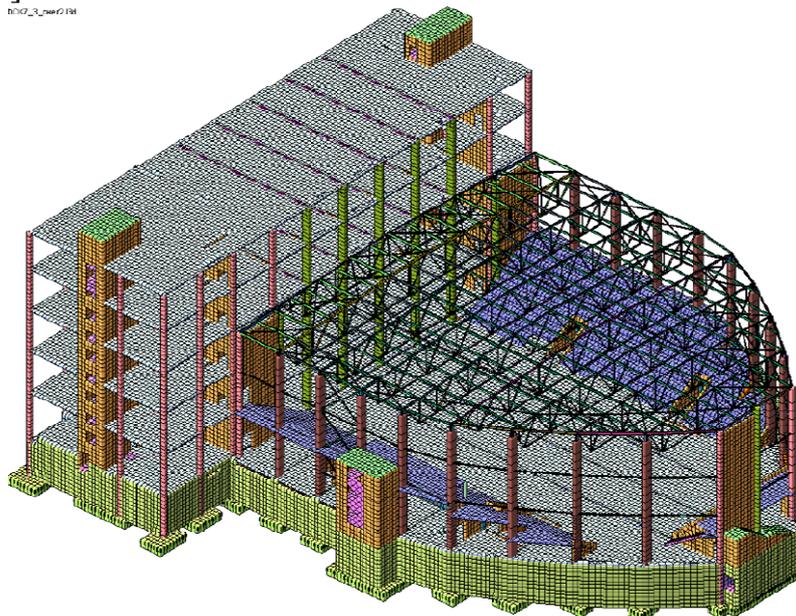


Рис. 1. Расчетная схема физкультурно-оздоровительного корпуса

Дополнение схем прогонами позволило улучшить пространственную работу каркаса, а также изменить конфигурацию связевых блоков без потери жесткости, что открывает новые возможности в проектировании зданий с большими пролетами. Моделирование в программе SCAD показало, что применение диагональных связей и связевых стен в сочетании с жесткими рамными системами и прогонами позволяет добиться оптимальных результатов по жесткости и устойчивости зданий при минимальных затратах на материалы и монтажные работы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галишникова В.В. Влияние жесткости конструктивных элементов на пространственную устойчивость стальных каркасов / В.В. Галишникова, А. Хейдари // Вестник РУДН. - 2018. - №1. – С. 118-133.
2. Петров И.И. Стальные конструкции: теория и практика расчета / И.И. Петров, А.А. Иванов. – Москва: Стройиздат, 2019. – 200 с.
3. Kaan A. Advances in Structural Engineering: The Role of Steel Frames in Modern Architecture / A. Kaan, K. Sutherland // International Journal of Steel Structures. – 2014. – 20(4), 155-166.
4. Хазов К.Г. Историкографический обзор используемой литературы по теме «Обеспечение пространственной устойчивости стального каркаса здания» / К.Г. Хазов, С.А. Тумаков // Семьдесят седьмая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. 17-18 апреля 2024 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 3 ч. Ч. 3. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2024. – С. 494-497. – 1 CD-ROM. – Текст: электронный.
5. SCAD. Руководство пользователя. Российский производитель программного обеспечения для проектирования конструкций.
6. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.

Секция «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ»

УДК 656.1

ОТЛИЧИЯ ПРАВИЛ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ОТ ПРАВИЛ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Алигулиев Х.М.о., Кондаков С.Г.

Научный руководитель – **Кондаков С.Г.**, преподаватель

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны
имени Маршала Советского Союза Л.А. Говорова

*В данной статье рассмотрены отличия в правилах дорожного движения
Азербайджанской Республики и ПДД Российской Федерации.*

***Ключевые слова:** правила дорожного движения, знаки дорожного движения,
автотранспортное средство*

DIFFERENCES BETWEEN THE TRAFFIC RULES OF THE AZERBAIJAN REPUBLIC AND THE TRAFFIC RULES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Aliguliyev Kh.M.o., Kondakov S.G.

Scientific Supervisor - **Kondakov S.G.**, Teacher

Yaroslavl Higher Military School of Air Defense
named after Marshal of the Soviet Union L.A. Govorov

*This article examines the differences in the traffic rules of the Republic of Azerbaijan and the
traffic rules of the Russian Federation.*

***Keywords:** traffic rules, traffic signs, motor vehicle*

При автомобильных поездках через государственные границы возникает необходимость ознакомления с правилами дорожного движения того государства, которое необходимо посетить. В данной статье рассмотрены отличия ПДД Азербайджанской Республики от ПДД РФ.

Правила дорожного движения Азербайджанской Республики имеют в своей основе ПДД СССР, но к настоящему времени в них имеются свои характерные особенности. Прежде всего это касается официального текста, его структуры и названия – «Закон Азербайджанской Республики о дорожном движении». Этот закон содержит 8 глав, 87 статей, 2 приложения [1]. В ПДД Российской Федерации входят 26 разделов, 2 приложения, «Основные положения по допуску транспортных средств к эксплуатации», «Перечень неисправностей, при которых запрещена эксплуатация транспортных средств» [2].

Первая глава азербайджанского дорожного законодательства посвящена основным понятиям, используемым в законодательстве. Таких понятий – 54, в российских ПДД – 62.

Дается подробная характеристика таким понятиям, как:

- технические средства организации дорожного движения – сооружения, устройства и изображения (светофоры, дорожные знаки, разметка, защитные ограждения, столбики и пр.), применяемые для организации и регулирования движения на дорогах, в том числе для обеспечения безопасности и непрерывного движения транспортных средств и пешеходов, повышения пропускной способности дорог;

- международное дорожное движение – дорожное движение, в котором участвует транспортное средство, принадлежащее физическому или юридическому лицу какого-либо государства, временно ввезенное на территорию другого государства без регистрации в этом государстве;

- оперативные транспортные средства – противопожарные, полицейские автомобили, автомобили скорой медицинской помощи, аварийно-спасательных подразделений, автомобили, предназначенные для выполнения функциональных заданий военной автоинспекции и органа фельдъегерской связи, задач по инкассации денежной выручки и перевозке ценных грузов, охране высших должностных лиц Азербайджанской Республики, принадлежащие национальному оператору и используемые в почтовых перевозках имеющие цветные схемы и опознавательные знаки, надписи специальной графики, оборудованные специальными световыми сигналами и звуковой сигнализацией;

- технологическое транспортное средство – транспортное средство, оснащенное специальным технологическим устройством и оборудованием, используемое во время выполнения соответствующих технологических процессов в промышленных отраслях, не предусмотренное для эксплуатации в улично-дорожной сети;

- тахограф – электромеханический или электронный прибор контроля, который устанавливается на транспортное средство в целях непрерывного измерения или регистрации всех данных о движении транспортного средства, в том числе о пройденном расстоянии, скорости движения, а также о периодах работы и отдыха водителей. Эти понятия отсутствуют в ПДД РФ, но там есть другие: автопоезд, велосипедная дорожка, велосипедная зона, гибридный автомобиль, дневные ходовые огни, маршрутное транспортное средство, опасный груз, опережение и др.

Есть отличия в определениях «остановка» и «стоянка»:

- остановка транспортного средства – прекращение движения транспортного средства на время, необходимое для посадки или высадки людей либо погрузки или выгрузки грузов;

- стоянка транспортного средства – остановка транспортного средства по причинам иным, чем выполнение указаний другого пользователя дороги, или правил предотвращения столкновений с какими-либо помехами, или правил движения, не ограничивающееся временем, которое необходимо для посадки

или высадки людей либо погрузки или выгрузки грузов. В этих азербайджанских определениях нет ограничений по времени – 5 минут, как в ПДД РФ. Из этих определений следует, что если транспортное средство останавливается не для посадки или высадки людей либо погрузки или выгрузки грузов, то это считается стоянкой.

В главах с первой по четвёртую (статьи 2–35) «Закона Азербайджанской Республики о дорожном движении» раскрывается назначение Закона, обязанности государства и юридических лиц в области дорожного движения, права и обязанности физических лиц, обеспечение безопасности дорожного движения при проектировании, строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог, обеспечение безопасности дорожного движения при пользовании автомобильными дорогами, организация подготовки водителей транспортных средств и повышение их квалификации, охрана здоровья водителей, медицинское обеспечение безопасности дорожного движения, охрана окружающей среды, финансирование мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения, организация государственного учёта показателей состояния безопасности дорожного движения, допуск транспортных средств к участию в дорожном движении, требования к государственному регистрационному знаку транспортного средства, условия проведения технического осмотра транспортных средств, хранения, отчуждения транспортных средств, право управления транспортным средством, выдача и замена водительского удостоверения. В российских ПДД эти темы раскрываются очень кратко или рассматриваются в других документах.

Законодательство Азербайджанской Республики допускает самостоятельно подготовиться к теоретическим экзаменам по правилам дорожного движения и практическим экзаменам по навыкам управления транспортными средствами или пройти подготовку на курсе по подготовке водителей транспортных средств. В РФ – требуется пройти обучение в автошколе.

Глава 5 «Закона Азербайджанской Республики о дорожном движении» посвящена непосредственно Правилам дорожного движения.

Здесь также есть отличия.

В ПДД Азербайджана - если движение транспортных средств на пешеходном переходе не регулируется регулировщиком или посредством светофора, водитель, приближаясь к переходу, должен в достаточной мере снизить скорость, чтобы не подвергать опасности пешеходов, начавших переходить дорогу. Если пешеход вступил на переход, водитель должен остановить транспортное средство и уступить дорогу пешеходу.

В ПДД РФ - «Водитель транспортного средства, приближающегося к нерегулируемому пешеходному переходу, обязан уступить дорогу пешеходам, переходящим дорогу или вступившим на проезжую часть (трамвайные пути) для осуществления перехода. В российском законодательстве «Уступить дорогу (не создавать помех)» – требование, означающее, что участник дорожного движения не должен начинать, возобновлять или продолжать движение, осуществлять какой-либо маневр, если это может вынудить других участников движения, имеющих по отношению к нему преимущество,

изменить направление движения или скорость». Здесь нет требования - обязательно остановиться, главное – не мешать движению пешехода.

Знаки дорожного движения в тех и других ПДД аналогичны. Различия касаются, в основном, надписей на знаках. Они выполнены на азербайджанском языке или латинским шрифтом:

таможня - ,

опасность - ,

место остановки автобуса - , место стоянки легковых такси - ,

направление объезда - , , ,

стоп-линия - ,

начало населённого пункта - , ,

конец населённого пункта - , .

Знаки азербайджанских ПДД, которых нет в ПДД РФ:

неровная дорога (углубление) - , авария - .

Для автомобилистов требуется обязательное знание особенностей правил дорожного движения и соблюдение их, чтобы не было неприятностей на дорогах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Закон Азербайджанской Республики о дорожном движении. – URL: <https://mia.gov.az/?limited/ru/legislation/1/view/9/>
2. Правила дорожного движения Российской федерации. – URL: <https://avtonauka.ru/pdd>

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОДЛЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АКБ НА АБШ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕСУЛЬФАТИРУЮЩЕГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА

Анапияев А.П., Романов Д.О., Капралов В.В.

Научный руководитель – **Капралов В.В.**, канд. пед. наук, доцент

Ярославское высшее военное училище ПВО
имени Маршала Советского Союза Л.А. Говорова

Рассматривается способ изготовления и применения десульфатора с целью продления жизни аккумулятора на военной технике, для повышения боеготовности в Вооруженных Силах Российской Федерации.

Ключевые слова: жизненный цикл АКБ, десульфатирующее зарядное устройство, военная техника

POSSIBILITY OF EXTENDING THE LIFE CYCLE OF A BATTERY ON AN ABSH WITH THE USE OF A DESULFATING CHARGER

Anapiyayev A.P., Romanov D.O., Kapralov V.V.

Scientific Supervisor – **Kapralov V.V.**, PhD, Associate Professor

Yaroslavl Higher Military School of Air Defense named after
Marshal of the Soviet Union L.A. Govorov

A method for manufacturing and using a desulfator is considered in order to extend the life of a battery on military equipment, to increase combat readiness in the Armed Forces of the Russian Federation.

***Keywords:** life cycle of a battery, desulfating charger, military equipment*

Каждый курсант ЯВВУ ПВО ходе обучения в училище изучает различные виды военной техники войск противовоздушной обороны и становится специалистом в данной области.

Курсанты нашего учебного заведения в ходе обучения становятся конкретно специалистами зенитно-ракетных и радиотехнических войск, что является основным направлением их будущей профессии.

На третьем курсе мы начинаем изучать автомобильную технику, и задумываемся о системах, используемых в технике и их работе [1]. Одной из таких систем является система электропитания, что является очень интересным направлением для изучения.

Одним из ключевых элементов данной системы является аккумуляторная батарея. В используемых нами автомобилях установлены свинцово-кислотные аккумуляторные батареи и, несмотря на все их преимущества, у них есть существенный недостаток – это сульфатация свинцовых электродов.

Сульфатация – это процесс образования сульфата свинца на поверхности свинцовых электродов, что влечёт уменьшение полезной поверхности электрода и последующее уменьшение ёмкости аккумуляторной батареи [2].

Целью исследования является уменьшения влияния сульфатации на работоспособность аккумуляторной батареи. Для решения поставленной цели, необходимо разработать десульфатирующее зарядное устройство, которое будет разрушать слой сульфатов на поверхности свинцовых электродов.

За работу платы десульфатирующего зарядного устройства (рис. 1) главным образом отвечает микросхема - таймер NE555. Она питается напряжением 12 В и генерирует импульсы частотой 1 кГц и заполнением 90%, после проходит инвертор, который, инвертируя сигнал, заменяет заполнение на 10%. Следующий узел – это эмиттерный повторитель на комплиментарных транзисторах, которые управляют полевым транзистором – ключом. Ключ накачивает электрическую энергию в катушку дросселя, в которой образуются всплески самоиндукции напряжением до 70 В. Эти самые всплески и разрушают образующиеся сульфаты в АКБ.

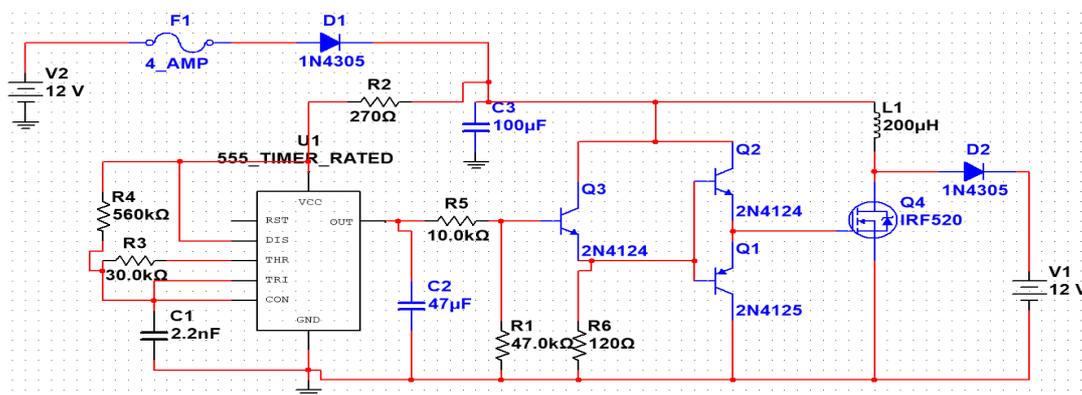


Рис. 1. Схема десульфатирующего зарядного устройства

Готовая плата десульфатирующего зарядного устройства показана на рис. 2.

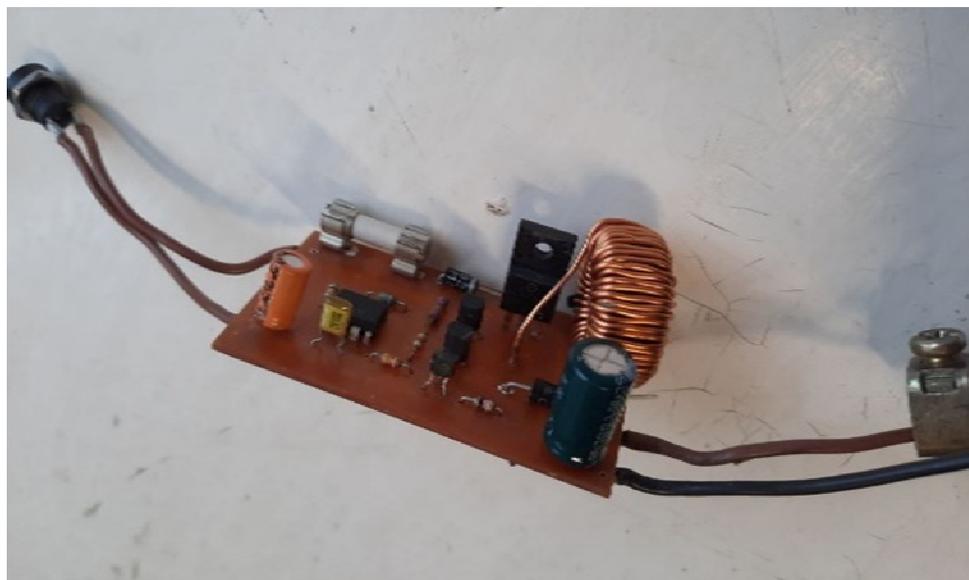


Рис. 2. Плата десульфатирующего зарядного устройства

Десульфатирующее зарядное устройство может применяться на различных автомобильных базовых шасси, например УРАЛ-532561, МАЗ-543М.

Таким образом, мы разработали десульфатирующее зарядное устройство, которое разрушает слой сульфатов на поверхности свинцовых электродов, тем самым продлевая жизненный цикл военной техники, что будет положительно сказываться на выполнении боевых задач.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Яхнев И.Н. Основные узлы и агрегаты колесного шасси МАЗ-543 и его модификаций / И.Н. Яхнев, А.В. Пономарев, Е.В. Шакиров. – Екатеринбург: Издательство Уральского федерального университета, 2016. – 196 с.

2. Миленина С.А. Электротехника, электроника и схемотехника: Учебник и практикум / С.А. Миленина. – 1-е изд.– Москва: Издательство «Юрайт», 2017. – 399 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ ГИБРИДНОЙ КОМПОНОВКИ РОДСТЕРА «КРЫМ»

Батраков С.А., Лебедев Д.В.

Научный руководитель – Лебедев Д.В., старший преподаватель

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрена оригинальная схема для родстера «Крым», позволяющая чередовать тягу от разных моторов без необходимости синхронизации компонентов.

Ключевые слова: двигатель, гибридная схема, родстер «Крым»

STUDY OF METHODS OF IMPLEMENTING A HYBRID LAYOUT OF THE ROADSTER "KRYM"

Batrakov S.A., Lebedev D.V.

Scientific Supervisor - Lebedev D.V., Senior Lecturer

Department of Infrastructure and Transport

Yaroslavl State Technical University

An original scheme for the roadster "Krym" is considered, allowing to alternate traction from different motors without the need to synchronize components.

Keywords: engine, hybrid scheme, roadster "Krym"

Гибридным автомобилем принято называть транспортное средство, которое работает от двух источников энергии. Существует три принципиальные схемы подключения электрического двигателя при реализации гибридной компоновки: последовательная, параллельная и последовательно-параллельная гибридные схемы. Типовые схемы приведены на рис. 1-3.

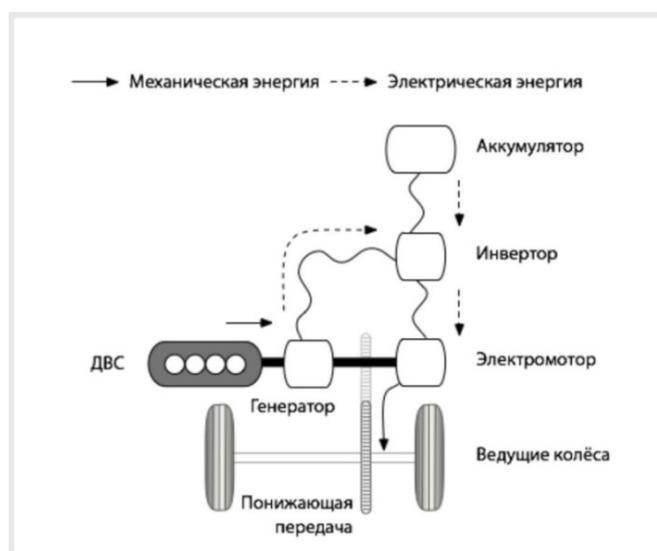


Рис.1. Последовательная гибридная схема

При реализации последовательной гибридной схемы двигатель внутреннего сгорания выступает в роли генератора для питания электродвигателя.

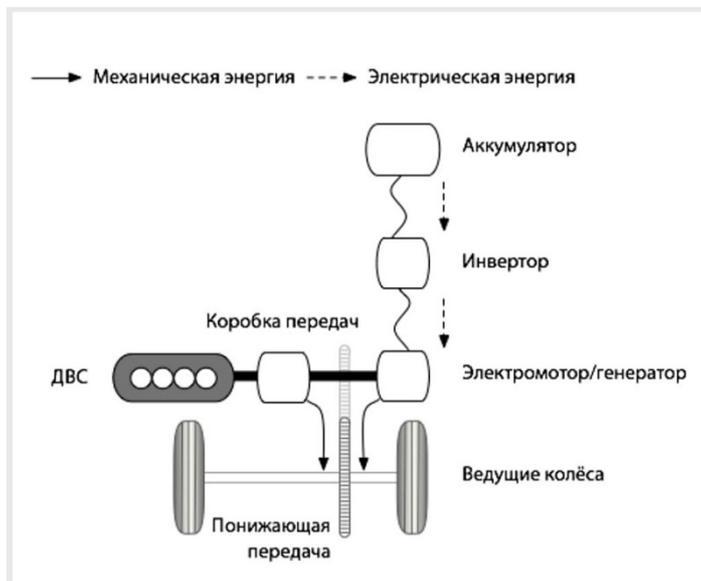


Рис. 2. Параллельная гибридная схема

В параллельной схеме привод в движение ведущих колёс транспортного средства осуществляется как от двигателя внутреннего сгорания, так и от электродвигателя.

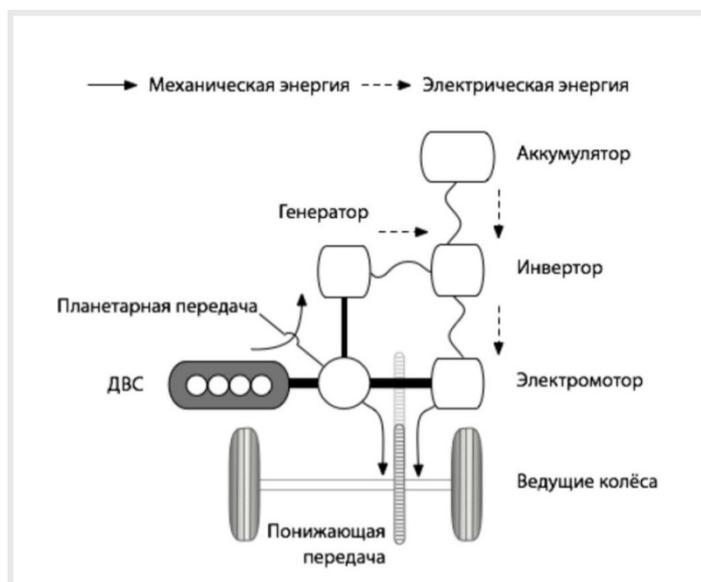


Рис. 3. Последовательно-параллельная гибридная схема

Последовательно-параллельная гибридная схема объединяет оба рассмотренных ранее варианта реализации гибридной компоновки транспортного средства.

В ходе работ над внедрением электрической силовой установки в родстер «Крым» авторами данной статьи предлагается рассмотреть схему (рис. 4), которая подразумевает попеременное использование тяги от двигателя внутреннего сгорания и от электродвигателя без необходимости синхронизировать элементы этих двух систем. Также подразумевается, что в данной схеме один вид тяги приводит в действие связанную с ним ось автомобиля.

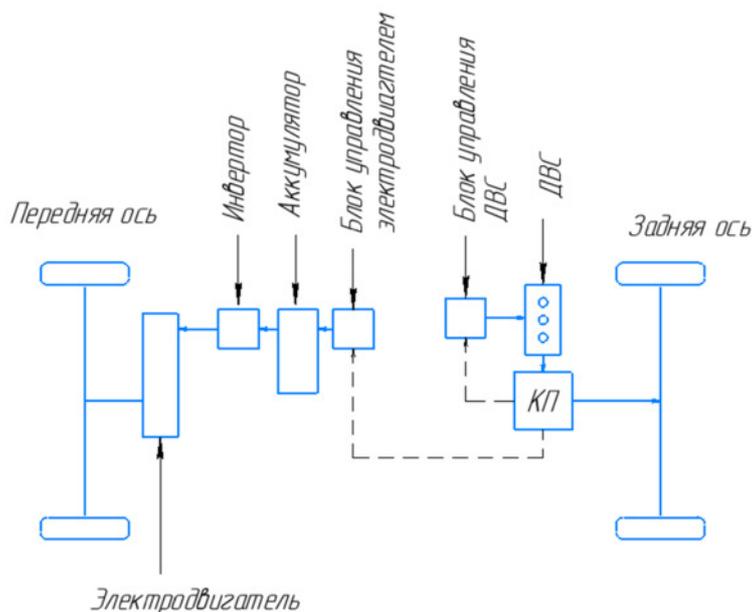


Рис. 4. Схема гибридного родстера Крым

Переключение между электродвигателем и двигателем внутреннего сгорания предлагается осуществлять с помощью изменения направления сигнала от педали акселератора между блоками управления двигателями. Управление сигналом реализуется через активацию датчика нейтрали. Датчик нейтрали предназначен для определения нейтрального положения коробки передач в части схемы двигателя внутреннего сгорания. Таким образом, при включении передачи в коробке переключения передач педаль акселератора будет направлять сигнал в блок управления двигателем внутреннего сгорания, а при переводе коробки переключения передач в нейтральное положение педаль акселератора будет направлять сигнал в блок управления электродвигателем.

Для реализации предложенной гибридной схемы авторами были произведены следующие изменения конструкции родстера «Крым»:

- изготовлен уникальный передний подрамник для расположения на нем электродвигателя с редуктором.
- изготовлены уникальные элементы салона автомобиля для интеграции аккумуляторной батареи.
- изменена конструкция передних кузовных элементов для охлаждения электродвигателя и элементов его управления. В кузовных элементах расположены воздухозаборники и воздуховоды.
- изменена задняя часть кузова для компоновки багажного отделения.

Исходя из технических особенностей предложенной гибридной компоновки, можно сделать вывод о возможности реализации данной схемы как на новых автомобилях, так и при электрификации уже выпущенных серийных автомобилей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Все факты о национальном родстере «Крым». – URL: <https://journal.ab-club.ru/articles/vse-fakty-o-nazionalnomrodstere-krym-i-drugih-proektah-kbm/> (дата обращения 09.04.2025).
2. Новое поколение родстера Крым: утверждённый дизайн и «автомат». – URL: <https://journal.ab-club.ru/news/novopokolenie-rodstera-krym-utverzhdyonnyj-dizajn-i-avtomat/> (дата обращения 09.04.2025).
3. Молодежный родстер «Крым» — новые горизонты. Часть вторая. – URL: <https://habr.com/ru/companies/bmstu/articles/530216/> (дата обращения 09.04.2025).
4. Новые технологии в производстве автомобильных двигателей: последнее достижение. – URL: <https://farcopoff.ru/novye-tehnologii-v-proizvodstve-avtomobilnyh-dvigatelayposlednie-dostizheniya/> (дата обращения 09.04.2025)
5. Разновидности гибридных автомобилей. Как они работают и чем отличаются друг от друга. – URL: <https://dzen.ru/a/XqSouD7Lex6m6mix> (дата обращения 09.04.2025).

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНЫХ АРКТИЧЕСКИХ ТОПЛИВ С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ В ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

Быков А. А., Седунов В.И., Канаев А.М.

Научный руководитель – Канаев А.М., преподаватель

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны
имени Маршала Советского Союза Л.А. Говорова

В статье анализируется опыт использования дизельных топлив при низких температурах. Также рассматриваются результаты проводимых на базе лаборатории опытов по исследованию показателей качества дизельных топлив различными методами. В ходе исследований разработаны предложения по внесению изменений в стандарты организации с целью улучшения качества выпускаемого дизельного топлива для применения в военной технике арктической группировки наших войск.

Ключевые слова: дизельное арктическое топливо, физико-химические свойства, военная техника

RESEARCH OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ARCTIC DIESEL FUELS FOR THE PURPOSE OF APPLICATION IN MILITARY AUTOMOTIVE EQUIPMENT

Bykov A. A., Sedunov V. I., Kanaev A. M.

Scientific supervisor – Kanaev A. M., Lecturer

Yaroslavl Higher Military School of Air Defense
named after Marshal of the Soviet Union L. A. Govorov

The article analyzes the experience of using diesel fuels at low temperatures. It also considers the results of experiments conducted at the laboratory to study the quality indicators of diesel fuels using various methods. In the course of the research, proposals were developed to amend the organization's standards in order to improve the quality of the produced diesel fuel for use in military equipment of the Arctic grouping of our troops.

Keywords: Arctic diesel fuel, physicochemical properties, military equipment

Президент РФ В.В. Путин многократно указывал на стратегическую значимость обороны Арктики и обеспечения её безопасности. С этой целью возникла необходимость обеспечения военной техники арктической группировки войск не застывающим при минус 60 °С дизельным топливом с высокими эксплуатационными свойствами.

До недавнего времени Арктическое дизельное топливо выпускалось по ГОСТ Р 55475 с предельной температурой фильтруемости (ПТФ) до –52 °С и ГОСТ 32511 с ПТФ до –44 °С с использованием депрессорно-диспергирующих присадок (ДДП), однако это явно недостаточно для арктической зоны, где температура нередко доходит до минус 60 °С. При этом дизельное топливо

застывает и расслаивается [1-3]. В связи с этим ФАУ «25 ГосНИИхиммотологии МО РФ» разработал СТО 08151164-0157 на дизельное топливо для Арктической зоны (ДТАЗ), для применения в перспективе в боевой технике МО РФ. Все его низкотемпературные свойства не выше $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ и достигаются без применения ДДП.

Для получения ДТАЗ используется процесс изодепарафинизации гидроочищенного летнего дизельного топлива на платиновом катализаторе. При этом достигается температура помутнения ($T_{\text{пом}}$) $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, однако ПТФ составляла при этом минус $58\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4], что не соответствует требованиям СТО 08151164-0157. Связано это с повышением вязкости до 50 сСт при экстремально низких температурах. Для снижения вязкости в состав ДТАЗ вводят до 30% керосина гидрокрекинга. Но это снижает температуру вспышки ($T_{\text{всп}}$) топлива и её цетановое число (ЦЧ).

ПАО «Славнефть-ЯНОС» разработало и предлагает дизельное топливо с улучшенными низкотемпературными свойствами [2, 3].

В таблице 1 представлены данные по основным показателям качества промышленных партий, выпущенных в ПАО «Славнефть-ЯНОС» за период с 2022 по 2024 г.

Таблица 1. Основные показатели качества промышленных партий, выпущенных в ПАО «Славнефть-ЯНОС»

Показатели качества	Требования по СТО МО 081511640157 (ДТАЗ)	2022 г.		2023 г.		2024 г.	
		Партия 1	Партия 2	Партия 3	Партия 4	Партия 5	Партия 6
1. Цетановое число	не менее 47	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0
2. Температура вспышки в закрытом тигле, $^{\circ}\text{C}$	не ниже 30	40	40	37	37	37	36
3. Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа при $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, мкм	не более 460	441	429	447	414	359	354
4. Температура помутнения, $^{\circ}\text{C}$	не выше -65	ниже е – 65*	ниже е – 65*	ниже е – 65*	ниже е – 65*	ниже е – 65*	ниже е – 65*
5. Предельная температура фильтруемости, $^{\circ}\text{C}$	не выше -65	-66	-67	-65	-65	-65	-65
6. Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$	не выше -65	ниже е – 65*	ниже е – 65*	ниже е – 65*	ниже е – 65*	ниже е – 65*	ниже е – 65*
7. Кислотность, мг КОН на 100 см^3 топлива	не более 5,0	3,27	4,80	4,08	4,96	4,70	4,21

*приведено по данным паспортов качества.

Ключевыми показателями для боевой техники сил ПВО в арктической зоне являются такие показатели, как цетановое число – показатель, играющий

решающую роль в определении качества топлива и его способности к самовоспламенению, температура вспышки – характеризует взрывоопасные и пожароопасные свойства, температура помутнения; температура застывания; смазывающая способность.

Отметим, что ПТФ в результате смены причин её наступления при температурах ниже $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ теряет смысл, заложенный разработчиками метода - западными специалистами: топливный фильтр не забивается кристаллами парафинов, проходимость через него лишь снижается, что, однако, достаточно для того, чтобы завести двигатель. Поэтому мы не отнесли этот показатель к ключевым.

Возможно и дальнейшее улучшение этих важнейших для боевой техники показателей за счёт:

- доведения требований по кислотности с не более 5 до предусмотренных комплексом методов квалификационной оценки для гражданских дизельных топлив уровня Евро 5 не более $7\text{ мг КОН на }100\text{ см}^3$ топлива;

- снижения, а лучше полного исключения керосина гидрокрекинга из рецептуры приготовления. ЦЧ керосина гидрокрекинга ниже 30 (желательно иметь не ниже 51) из-за высокого содержания ароматики и относительно лёгкого фракционного состава;

- повышения нормы по ПТФ с -65 до $-63\text{ }^{\circ}\text{C}$. поскольку, температура по данным Гидрометцентра в Арктике последние 50 лет не опускалась ниже $-63\text{ }^{\circ}\text{C}$. Кроме того, из-за эффекта смены причин наступления ПТФ необходимость её нормирования для топлив с $T_{\text{пом}}$ ниже $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ сомнительна. Поэтому повышение ПТФ до $-63\text{ }^{\circ}\text{C}$ не приведёт к отрицательным последствиям, при этом даст возможность улучшить важнейшие для боевой техники показатели: цетановое число и температуру вспышки.

В лабораторных условиях определение ПТФ ДТАЗ в соответствии с СТО 08151164-0157 осуществляется по ГОСТ 22254, в соответствии с которым последняя охлаждающая баня имеет температуру $(-67 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$, однако при этом невозможно охладить дизельное топливо до требуемых $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ из-за низкой разницы температур между образцом дизельного топлива и хладагентом. Поэтому при достижении температуры топлива $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ необходимо понижать температуру охлаждающей бани до минус $85-90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такое дополнение необходимо внести в СТО 08151164-0157.

Кроме того, при температурах образца ниже $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ на внешней стороне пипетки может образовываться конденсат, переходящий в наледь, что приводит к ложному срабатыванию оптического датчика и ложной фиксации ПТФ.

Следовательно, необходимо применять дополнительные меры для исключения образования конденсата и наледи, например, снижение относительной влажности в лабораторной комнате, физическое удаление конденсата фильтровальной бумагой.

При анализе опыта производства ДТАЗ возникло несколько предложений по изменению СТО 08151164-0157 для более полного удовлетворения потребностей военной автомобильной техники Арктической группировки войск:

1. Для корректного определения ПТФ ниже $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ в СТО необходимо внести фразу: последняя охлаждающая баня должна быть в пределах минус $85\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$;

2. Для исключения ложного срабатывания оптического датчика в и ложной фиксации ПТФ при испытаниях, необходимо внести в СТО фразу: «Необходимо применять дополнительные меры для исключения образования конденсата и наледи, например, снижение относительной влажности в лабораторной комнате, физическое удаление конденсата фильтровальной бумагой».

3. В СТО 08151164-0157 увеличение нормы по показателю кислотность до общепринятых не более $7,0\text{ мг КОН на }100\text{ см}^3$ топлива способствовало бы возможности увеличения дозировки цетаноповышающей и противоизносной присадок, что в свою очередь способствовало повышению цетанового числа и не ухудшило смазывающую способность.

4. Увеличение требований по ПТФ с не выше минус $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ до не выше минус $63\text{ }^{\circ}\text{C}$, позволит вовлекать меньше керосиновой фракции рецептуру и положительно влиять на увеличение ЦЧ и $T_{\text{всп}}$. При этом оставить требования по температурам помутнения и застывания не выше $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Кроме того, из-за эффекта смены причин наступления ПТФ необходимость её нормирования для топлив с $T_{\text{пом}}$ ниже минус $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ сомнительна;

5. За счет внесения изменений по пунктам 3 и 4 ужесточить требования:

- по температуре вспышки с не ниже $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до не ниже $40\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- по цетановому числу с не ниже 47 до не ниже 48.

6. Предлагается предусмотреть два сорта ДТАЗ в СТО 08151164-0157: один – с существующими показателями, другой – с предлагаемыми.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Получение арктического дизельного топлива с температурой применения до минус $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ / Н.В. Карпов, Н.Н. Вахромов, Э.В. Дутлов, М.А. Бубнов, И.В. Гудкевич, В.М. Капустин, Е.А. Чернышева, Е.А. Шарин, Е.В. Береснева, Д.В. Борисанов // Химия и технология топлив и масел. – 2021. – № 4. – С. 57-60.

2. Патент на изобретение RU 2464299 С1. Способ получения зимнего дизельного топлива Евро : № 2011124058/04 : заявл. 14.06.2011 : опубл. 20.10.2012 / Князьков А.Л., Никитин А.А., Лагутенко Н.М., Карасев Е.Н., Пискунов А.В., Борисанов Д.В., Лохматов С.В.

3. Разработка способа увеличения выпуска дизельного топлива зимнего в ОАО «Славнефть-ЯНОС» / А.А. Никитин, Е.Н. Карасёв, Э.В. Дутлов, А.В. Пискунов, Д.В. Борисанов // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2015. – № 9. – С. 14-17.

4. Первая в мире промышленная партия арктического дизельного топлива с температурой применения до $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ / Н.В. Карпов, Н.Н. Вахромов, Э.В. Дутлов, Е.А. Шарин, В.А. Середа, М.А. Бубнов, И.В. Гудкевич, С.С. Ковальчук, А.И. Гриценко, А.Л. Максимов, Л.С. Раткин, Д.В. Борисанов // Химия и технология топлив и масел. – 2022. – № 1. – С. 11-15.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ОБРАЗЦОВ ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ХОДЕ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ

Гладышев А.Е., Журавлев Д.И., Теймуров Р.Г., Гуменный В.В.

Научный руководитель – **Гуменный В.В.**, канд. пед. наук

Ярославское высшее военное училище ПВО
имени Маршала Советского Союза Л.А. Говорова

Рассматриваются основные технические неисправности колесной автомобильной техники ПВО в ходе проведения СВО на территории Украины и их основные причины.

***Ключевые слова:** военная специальная техника, техническая неисправность, боевые условия*

ANALYSIS OF THE MAIN TECHNICAL MALFUNCTIONS OF MILITARY AUTOMOBILE EQUIPMENT DURING A SPECIAL MILITARY OPERATION

Gladyshev A.E., Zhuravlev D.I., Teymurov R.G., Gumenny V.V.

Scientific Supervisor – **Gumenny V.V.**, Ph.D

Yaroslavl Higher Military School of Air Defense
named after Marshal of the Soviet Union L.A. Govorov

The article considers the main technical malfunctions of wheeled air defense vehicles during the special military operation on the territory of Ukraine and their main causes.

Keywords: special military equipment, technical malfunction, combat conditions

В процессе проведения четвертого года специальной военной операции (СВО) ВС РФ, накоплен большой опыт эксплуатации вооружения и военной специальной техники (ВВСТ) в боевых условиях, который показал, что ВВСТ требует постоянного технического обслуживания и ремонта при ежедневном и интенсивном использовании. Наличие данного фактора обусловлено готовностью к ведению боевых действий и постоянной сменой позиций. Данные показатели приводят к возникновению различного рода неисправностей, которые влияют на боевую готовность ВВСТ [1]. Исключением не стала и техника ПВО, играющая ключевую и основополагающую роль в успешности продвижения наших войск вперед. По статистике противостояние средств и систем ПВО и СВН в военных конфликтах начала XXI века всегда заканчивалась убедительной победой первых. В силу этого высокотехнологичные средства и системы ПВО в настоящее время являются одним из решающих факторов сдерживания противника от потенциальной агрессии с применением средств воздушного и

космического нападения (СВКН), а наличие таких средств и систем одним из главных условий обеспечения военно-стратегического успеха государства.

Неисправности охватывают все аспекты конструкции и проявляются с различной частотой, поэтому обобщая накопленный опыт, можно выделить наиболее распространенные из них, что в дальнейшем может привести к предупреждению их возникновения [1, 2].

На северо-западном направлении проведения СВО были изучены статистические данные отказов за 2024 год при эксплуатации 44 единиц тягачей «МЗКТ-7930», 31 единицы грузовых автомобилей «УРАЛ-5323», 54 единицы седельных тягачей БАЗ-6402. Основные неисправности представлены в виде диаграммы на рис. 1.

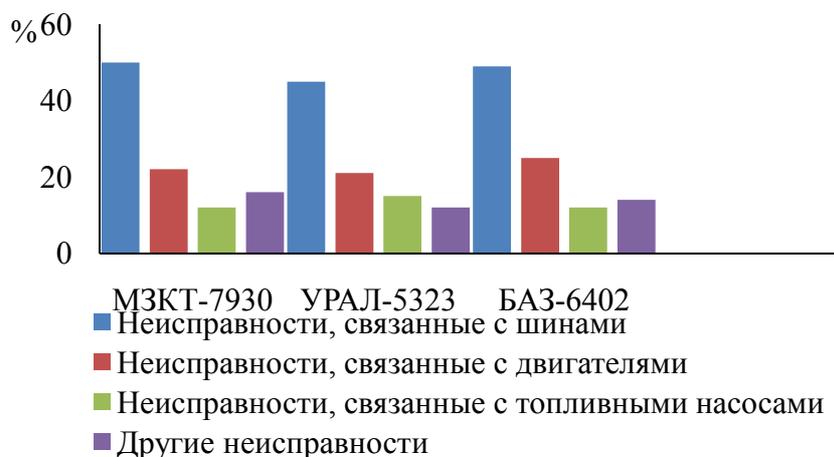


Рис. 1. Статистические данные по основным видам отказов специальной военной техники на северо-западном направлении проведения СВО

При обработке статистических данных (см. рис. 1), накопленных при эксплуатации военной автомобильной техники в зоне СВО, таких как «МЗКТ-7930», «УРАЛ-5323» и «БАЗ-6402» были определены следующие наиболее распространенные неисправности:

- повреждение колесных движителей – около 50%;
- выход из строя силовых установок – около 20%;
- отказ топливной аппаратуры – около 12%.

Тактическое преимущество колесной техники позволяет получить повышенную маневренность и развертываемость в боевое состояние, но в свою очередь имеет существенный недостаток – меньшую прочность сравнительно с гусеничной техникой. Наиболее часто это проявляется из-за особенностей рельефа местности и отсутствия дорог в зоне проведения СВО. Большой износ протектора шины обусловлен эксплуатацией ее по пересеченной горно-холмистой местности и как следствие, высокая вероятность механических повреждений колес. Также если дорога находится в горном рельефе местности, соответственно максимальная нагрузка идет на тормозную систему, при этом передние и задние шины испытывают переменную избыточную нагрузку. Повреждение колеса или шины не должно приводить к чрезвычайно

затратному ремонту, а уж тем более к полной остановке военной автомобильной техники (ВАТ) в красной зоне боевого соприкосновения. Решением данной проблемы может стать разработка новых высокопрочных шин, зарубежных аналогов, например, Michelin. Данная компания имеет не только сравнительно прочные шины, но и преуспела в разработке специальных противоминных шин, имеющих пониженное давление на грунт, которое составляет 360 г/см^2 , что даже меньше давления, которое оказывает человек ступнями на грунт.

Основную долю отказов по средствам передвижения ВВСТ ПВО составляют отказы по двигателям, системах их обеспечения и трансмиссии. Выход из строя двигателей был в основном связан с их перегревом, выходом из строя элементов топливной системы, а трансмиссии выходом устройств сцепления. Это обусловлено низким уровнем подготовки личного состава, эксплуатации вооружения и военной специальной техники, недостаточным знанием материальной части, порядка использования техники, а также некачественным выполнением мероприятий по проведению контроля технического состояния и технического обслуживания ВВСТ перед выполнением боевых и специальных задач.

Неисправности, связанные с топливными насосами. Кроме всего вышперечисленного в процессе эксплуатации вооружения и военной специальной техники ПВО был выявлен массовый выход из строя топливных насосов высокого давления двигателей из-за низкого качества заправляемого топлива, так как в нем имелись посторонние примеси и вода.

Другие неисправности. Также к причинам преждевременного выхода из строя ВВСТ в зоне СВО стали: недостаточную обеспеченность запасными частями и принадлежностями, малый состав в группировке войск ремонтных бригад, высокое огневое воздействие противника.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тазехулахов А.А. Основные аспекты развития системы вооружения войсковой противовоздушной обороны на современном этапе // Военная мысль. – 2021. – №10. – С. 71-79.
2. Ивлев Д.А. Повышение боеспособности (защищенности) ВВСТ в ходе участия группировок войск (сил) Вооруженных сил Российской Федерации в специальной военной операции на территории Украины / Д.А. Ивлев, В.В. Ахматовский, Р.В. Кришталь // Актуальные исследования. – 2022. – № 41 (120).– С. 26-30.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМУ СКЛАДСКИХ ЗАПАСОВ

Ершов Д.С., Маркелов А.В.

Научный руководитель – **Маркелов А.В.**, д-р техн. наук, доцент
Ярославский государственный технический университет, Ярославль

Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения точности прогнозирования потребности в запасных частях и оптимизации уровня складских запасов, что позволит сократить простой автотранспорта и снизить операционные расходы.

***Ключевые слова:** эксплуатация автомобилей, искусственный интеллект, система эксплуатации складом*

IMPROVEMENT OF TECHNICAL OPERATION OF CARS BY INTRODUCING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO THE WAREHOUSE STOCK SYSTEM

Ershov D.S., Markelov A.V.

Scientific Supervisor – **Markelov A.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The relevance of the topic is due to the need to improve the accuracy of forecasting the need for spare parts and optimize the level of warehouse stocks, which will reduce vehicle downtime and reduce operating costs.

***Keywords:** vehicle operation, artificial intelligence, warehouse operation system*

В современных условиях технической эксплуатации автомобилей наблюдается значительный разрыв между потребностями в запасных частях и их наличием на складах. Существующие системы управления складскими запасами не всегда способны оперативно реагировать на изменения спроса и прогнозировать потребности, что особенно критично в условиях высокой динамики эксплуатации автомобилей. Это приводит к следующим негативным последствиям.

1. Неоптимальный уровень запасов: часто наблюдается одновременное наличие избыточных запасов (замораживание капитала, высокие затраты на хранение, риск морального устаревания и списания) и дефицита необходимых запчастей (простой транспортных средств, срыв планов технического обслуживания, потеря доходов).

2. Низкая точность прогнозирования потребности: традиционные методы, такие как анализ исторических данных и экспертные оценки, зачастую не учитывают сложную взаимосвязь между различными факторами, влияющими на потребность в запчастях (условия эксплуатации, интенсивность

использования, качество дорог, модель и марка автомобиля, сезонность, своевременность обслуживания и ремонта), что приводит к значительным погрешностям в прогнозах.

3. Неэффективное управление закупками и поставками: отсутствие автоматизированного процесса закупок и интеграции с поставщиками приводит к задержкам в поставках, увеличению стоимости запчастей и ухудшению условий сотрудничества.

4. Недостаточная адаптивность к изменениям: традиционные системы плохо адаптируются к быстрым изменениям в автопарке (обновление модельного ряда, расширение/сокращение парка, изменение условий эксплуатации), что еще больше усугубляет проблемы с уровнем запасов и затратами на обслуживание.

Вышеуказанные факторы приводят к увеличению операционных расходов, которые остаются недостаточно раскрытыми [1].

Анализ научной литературы показывает, что современные исследования в области складской логистики активно рассматривают возможности применения искусственного интеллекта. Работы А.Р. Альминовой, В.А. Громовой, С.Н. Руснак посвящены внедрению ИИ в логистические процессы [1]. Исследования А.Д. Кротова и И.М. Яхонтовой затрагивают вопросы прогнозирования спроса с помощью машинного обучения [2]. Публикации Е.А. Малышева и Е.О. Шевеля рассматривают перспективы развития “умного склада” и интеграции IoT-технологий [3].

Машинное обучение занимает центральное место в исследованиях А.Д. Кротова и И.М. Яхонтовой. Их работы направлены на разработку алгоритмов прогнозирования спроса, что позволяет снижать риски дефицита товаров, оптимизировать закупки, минимизировать издержки на хранение, повышать точность планирования поставок.

Концепция “умного склада” активно развивается в публикациях Е.А. Малышева и Е.О. Шевеля. Исследователи рассматривают интеграцию IoT-технологий, которые обеспечивают мониторинг состояния товаров в режиме реального времени, автоматизацию инвентаризации, умное управление складским оборудованием, создание интеллектуальных систем безопасности, перспективы развития

Система управления складом представляет собой комплексное программное решение для автоматизации всех складских процессов. Внедрение искусственного интеллекта в систему управления складом позволяет:

- оптимизировать складские запасы путем точного прогнозирования спроса на запчасти и расходные материалы;
- автоматизировать процессы учета и перемещения товаров на складе;
- минимизировать издержки на хранение и логистику;
- повысить точность управления запасами;
- улучшить планирование технического обслуживания.

Ключевые направления применения ИИ в управлении складскими запасами:

- прогнозирование спроса на запчасти с учетом сезонности и интенсивности эксплуатации;
- оптимизация размещения товаров на складе с учетом частоты использования;

- автоматическое формирование заявок на закупку;
- контроль сроков годности и условий хранения;
- планирование технического обслуживания складского оборудования.

Практическое применение ИИ в системе управления складом позволяет:

- сократить время простоя техники на 25%;
- повысить эффективность использования складских площадей;
- снизить затраты на хранение запчастей;
- минимизировать риски дефицита критически важных комплектующих;
- улучшить планирование ремонтных работ [4].

Внедрение искусственного интеллекта в систему управления складскими запасами является перспективным направлением совершенствования технической эксплуатации автомобилей. Применение ИИ позволяет:

- повысить точность прогнозирования спроса на запчасти;
- оптимизировать складские процессы;
- сократить логистические издержки;
- улучшить планирование технического обслуживания;
- обеспечить бесперебойную работу автомобильного парка.

Основные вызовы при внедрении ИИ включают высокие начальные затраты, необходимость в квалифицированном персонале и требования к безопасности данных. Перспективы развития связаны с созданием полностью автоматизированных складов, интеграцией с IoT-технологиями и расширением использования предсказательной аналитики.

Дальнейшее совершенствование системы управления складом с помощью ИИ позволит достичь нового уровня эффективности технической эксплуатации автомобильного транспорта, что особенно важно в условиях растущей конкуренции и необходимости оптимизации затрат.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Альминова А.Р. Искусственный интеллект в логистике и складских операциях / А.Р. Альминова, В.А. Громова, С.Н. Руснак // Молодёжь. Наука. Инновации. – 2023. – Т. 1. – С. 275–280.

2. Кротов А.Д. Прогнозирование спроса на товары и услуги с использованием алгоритмов машинного обучения / А.Д. Кротов, И.М. Яхонтова // Проблемы развития науки и образования в эпоху модернизации. – 2023. – С. 110–112.

3. Малышев Е.А. Использование технологии интернет вещей и „умный склад“ в складской логистике и её перспективы развития / Е.А. Малышев, Е.О. Шевель // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2023. – № 1(12). – С. 304–309.

4. WMS система управления складом: программы автоматизации склада и логистики WMS, внедрение и возможности. – URL: https://www.moysklad.ru/poleznoe/shkola-torgovli/sistema-upravleniya-skladom-wms/?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru

ВЛИЯНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ДВС

Корегин И.М., Кондаков И.А., Мазуренко А.П.

Научный руководитель – Мазуренко А.П., канд. воен. наук, старший преподаватель

Ярославское высшее военное училище ПВО
имени Маршала Советского Союза Л.А. Говорова

В статье приводятся экспериментальные исследования, доказывающие, что качественные смазочные материалы существенно повышают эффективность двигателей благодаря снижению трения, износа и энергопотерь, что увеличивает КПД и улучшает экологичность. Выбор правильных масел становится ключевым фактором для соответствия современным требованиям экономии топлива и защиты окружающей среды.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, смазочные материалы, КПД двигателя

INFLUENCE OF LUBRICANTS ON THE EFFICIENCY OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Koregin I.M., Kondakov I.A., Mazurenko A.P.

Scientific Supervisor – Mazurenko A.P., PhD. In Military Sciences, Senior Lecturer

Yaroslavl Higher Military School of Air Defense
named after Marshal of the Soviet Union L.A. Govorov

The article presents experimental studies proving that high-quality lubricants significantly increase the efficiency of engines by reducing friction, wear and energy loss, which increases efficiency and improves environmental friendliness. The choice of the right oils is becoming a key factor in meeting modern requirements for fuel economy and environmental protection.

Keywords: internal combustion engine, lubricants, engine efficiency

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) является одним из ключевых элементов современной техники. Он широко используется в автомобилях, самолётах, кораблях, генераторах и других устройствах. Принцип работы ДВС основан на преобразовании химической энергии топлива в механическую энергию, которая приводит в движение транспортное средство или оборудование. Однако в процессе работы двигателя возникают значительные энергетические потери, вызванные трением между движущимися деталями. Эти потери не только снижают эффективность работы двигателя, но и приводят к износу его компонентов, что сокращает срок службы.

Смазочные материалы играют ключевую роль в минимизации трения и износа. Они образуют защитную плёнку между трущимися поверхностями, снижая коэффициент трения и предотвращая прямой контакт металлических деталей. Кроме того, современные смазочные материалы содержат добавки,

которые улучшают их свойства, такие как термоокислительная стабильность, антикоррозионные и моющие характеристики.

Трение – это процесс сопротивления движению двух соприкасающихся поверхностей. В двигателе внутреннего сгорания (ДВС) трение возникает между множеством движущихся деталей, таких как поршень и цилиндр, коленчатый вал и подшипники, клапаны и направляющие втулки. Трение играет важную роль в работе двигателя, так как оно напрямую влияет на его эффективность, долговечность и энергетические потери. Понимание природы трения и его последствий позволяет разрабатывать методы для его минимизации, что является ключевым аспектом повышения КПД двигателя [1-3].

Смазочные материалы можно классифицировать по нескольким признакам.

1. По происхождению базового сырья

Минеральные масла – получают путём переработки нефти. Они имеют относительно низкую стоимость, но уступают синтетическим маслам по термоокислительной стабильности и вязкостным характеристикам.

Синтетические масла – производятся путём химического синтеза. Они обладают высокой термоокислительной стабильностью, низкой температурой застывания и лучшими смазывающими свойствами.

Полусинтетические масла – представляют собой смесь минеральных и синтетических масел. Они сочетают в себе доступную стоимость и улучшенные характеристики.

2. По назначению.

Моторные масла – используют для смазки двигателей внутреннего сгорания.

Трансмиссионные масла – применяются для смазки коробок и других узлов трансмиссии.

Индустриальные масла – используются в промышленном оборудовании.

3. По вязкости.

Масла с низкой вязкостью – подходят для работы при низких температурах.

Масла с высокой вязкостью – обеспечивают лучшую защиту при высоких температурах и нагрузках.

4. По типу присадок.

Масла с антиокислительными присадками – предотвращают окисление масла при высоких температурах.

Масла с противоизносными присадками – уменьшают износ деталей.

Масла с моющими присадками – предотвращают образование отложений [1].

Смазочные материалы оказывают существенное влияние на эффективность работы ДВС.

Во-первых, использование синтетических масел с низкой вязкостью позволяет снизить расход топлива на 3-5%. Это достигается за счёт уменьшения трения и улучшения текучести масла при низких температурах.

Во-вторых, применение смазочных материалов с противоизносными добавками позволяет увеличить срок службы двигателя на 20-30%. Это достигается за счёт снижения износа деталей.

В-третьих, использование биоразлагаемых масел позволяет снизить выбросы вредных веществ на 10-15%. Это особенно важно для соблюдения экологических норм [2].

Экспериментальные исследования показали, что смазочные материалы с различными базовым сырьем и присадками оказывают разное влияние на работу ДВС [3].

Использование синтетических масел позволяет снизить коэффициент трения на 20-30% по сравнению с минеральными маслами. Это достигается за счет улучшенных смазывающих свойств и более стабильной масляной плёнки [3].

Применение смазочных материалов с противоизносными добавками позволяет снизить износ деталей на 30-40%. Это особенно важно для таких деталей, как поршневые кольца и подшипники коленчатого вала [3].

Использование масел с низкой вязкостью позволяет снизить энергетические потери на трение на 10-15%. Это приводит к увеличению КПД двигателя и снижению расхода топлива [3].

Современные смазочные материалы способствуют снижению выбросов вредных веществ на 10-15%. Это достигается за счёт более полного сгорания топлива и уменьшения трения [5].

Результаты экспериментальных исследований подтверждают важность использования качественных смазочных материалов для повышения эффективности работы ДВС. Они показывают, что современные масла с улучшенными свойствами и присадками позволяют значительно снизить трение, износ и энергетические потери, что приводит к увеличению КПД двигателя и улучшению экологических показателей.

Таким образом, смазочные материалы играют ключевую роль в обеспечении эффективной и долговечной работы двигателя внутреннего сгорания. Их правильный выбор и использование позволяют значительно повысить КПД двигателя, снизить износ деталей и улучшить экологические показатели. В условиях ужесточения требований к экономичности и экологичности транспортных средств разработка и применение современных смазочных материалов становятся важным направлением в машиностроении и автомобильной промышленности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Милованов А.В. Топливо и смазочные материалы. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. – 80 с.
2. Охотников Б.Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2014. – 138 с.
3. Путинцев С.В. Введение в трибологию поршневых деталей. - Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2018. – 184 с.
4. ГОСТ 17479.1-2015. Масла моторные. Классификация и обозначения.
5. Влияние качества смазочных материалов на экономию топлива и снижение выбросов. – URL: <https://m1-oil.ru/2024/08/23> (дата обращения 11.04.2025).

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ИНЖЕНЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ВС РФ

Пономарёв Д.А., Голяков Н.И., Кутумов А.С., Гуменный В.В.

Научный руководитель – **Гуменный В.В.**, канд. пед. наук, старший преподаватель

Ярославское высшее военное училище ПВО
мени Маршала Советского Союза Л.А. Говорова

Рассматриваются новейшие виды тактики ведения боя, а также современное инженерное оборудование в ВС РФ.

Ключевые слова: тактика, автомобильная техника, БПЛА

USE OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT AND ENGINEERING EQUIPMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION'S ARMED FORCES

Ponomarev D.A., Golyakov N.I., Kutumov A.S., Gumenny V.V.

Scientific Supervisor – **Gumenny V.V.**, PhD, Senior Lecturer,

Yaroslavl Higher Military School of Air Defense
named after Marshal of the Soviet Union L.A. Govorov

The article considers the latest types of combat tactics, as well as modern engineering equipment in the Russian Armed Forces.

Keywords: tactics, automotive equipment, UAVs.

Тактика – самая динамичная составная часть военного искусства, исследующая закономерности, характер, содержание, способы подготовки и ведения боя и других тактических действий [1]. Она подчинена оперативному искусству и стратегии и руководствуется их требованиями.

Во все времена человечество сталкивалось с войнами, конфликтами, вооруженными столкновениями, в которых всегда есть победитель и проигравший. И лишь правильный выбор тактики и рационального использования инженерного оборудования помогал определить исход событий. Прогресс не стоит на месте, меняется не только быт людей, но и тактика ведения боя в современных конфликтах и операциях, а также оборудование, которое используется войсками [2].

Анализ опыта военных конфликтов последних десятилетий показал, что успех в общевойсковом бою во многом зависит от средств, применяемых вышестоящей инстанцией. Так, в ходе операции в Сирийской Арабской Республике (САР) в интересах воинских формирований тактического звена широко применяются средства стратегического и оперативного уровня. В то же время объединенные единым замыслом боевые действия тактических формирований позволяют обеспечить успешное выполнение оперативных и даже стратегических задач.

Таким образом, прогрессируя под воздействием военной стратегии и оперативного искусства, тактика существенно влияет на развитие военного искусства в целом. Ведь оперативный успех в конечном итоге достигается совокупностью частных позитивных тактических результатов.

Определяющее влияние на развитие тактики, несомненно, оказывает совершенствование вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), а также повышение качества боевой подготовки личного состава. Исследования, проведенные в Главном управлении боевой подготовки ВС РФ, позволили выявить основные направления развития тактики, через которые проявляется ее влияние на оперативное искусство и стратегию [3].

С появлением новых средств вооруженной борьбы увеличились мощь и глубина огневого поражения за счет комплексирования сил и средств в разведывательно-ударные (огневые) комплексы (РУК, РОК), повысилось значение маневренности войск для достижения целей боя, возросла роль разведки, радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и средств поражения, действующих в приземном слое воздушного пространства [3].

Например, оперативно-тактический ракетный комплекс (ОТРК) «Искандер-М» поражает цели на удалении до 480 км площадью до двух футбольных полей и способен преодолевать любую противоракетную оборону противника, а реактивная система залпового огня (РСЗО) «Горнадо-С», пришедшая на смену РСЗО «Смерч» из состава армейского и фронтового комплектов, имеет дальность стрельбы до 120 км и накрывает цель размером 3×3 км.

Стремительное развитие беспилотной авиации позволяет сделать вывод, что ее применение в ходе боевых действий будет только расширяться. В будущем БПЛА могут действовать в качестве так называемых ловушек для системы ПВО и выполнять задачи РЭБ. Возможно их применение «роями» (с использованием искусственного интеллекта), которые будут обнаруживать объекты противника, обеспечивать наведение на них ударов ракетных войск, пилотируемой авиации и сами поражать цели, в том числе в качестве управляемых (барражирующих) боеприпасов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Люттвак Э.Н. Стратегия. Логика и войны. – М.: Изд-во АСТ, 2023. – 448 с.
2. Багданович А.Н. История мировых войн. – М.: Изд-во АСТ, 2022. – 320 с.
3. Лепешинский И.Ю. Военно-инженерная подготовка. – М.: Изд-во ИНФРА-М, 2023. – 443 с.

СМАЗОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ВОДНО-СПИРТОВОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ ЗАКРЫТЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Трофименко Б.П., Маркелов А.В

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

Ярославский государственный технический университет

Найдена область оптимальных концентраций в воде предельных одноатомных спиртов. При максимуме антифрикционных и противоизносных свойств с эффектом максимальной стабилизации структуры воды. Экспериментальным путем найден предельный одноатомный спирт, раствор которого при определенном соотношении с водой обладает высокими смазочными свойствами. Рассмотрен механизм смазочного действия двойных и тройных систем и определен эффект максимальной стабилизации структуры воды, который вызывает изменение объемных и поверхностно-активных свойств композиции.

Ключевые слова: смазочные жидкости, одноатомные спирты, противоизносные свойства, антифрикционные свойства, загуститель.

WATER-ALCOHOLIC LUBRICANT COMPOSITIONS FOR CLOSED FRICTION UNITS OF ROAD CONSTRUCTION MACHINES

Trofimenko B.P., Markelov A.V.

Scientific Supervisor - Markelov A.V., Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The region of optimal concentrations of saturated monohydric alcohols in water was found. At maximum antifriction and antiwear properties with the effect of maximum stabilization of the water structure. An experimentally found saturated monohydric alcohol, the solution of which at a certain ratio with water has high lubricating properties. The mechanism of lubricating action of binary and ternary systems is considered and the effect of maximum stabilization of the water structure is determined, which causes a change in the volume and surface-active properties of the composition.

Keywords: lubricating fluids, monohydric alcohols, antiwear properties, antifriction properties, thickener.

Современные строительно-дорожные машины (СДМ) работают в условиях повышенных нагрузок и агрессивных внешних факторов [1], что требует от смазочных материалов высоких эксплуатационных характеристик. Результаты анализа эксплуатируемых СДМ показывают, что в качестве основной причины отказов является преждевременный износ трущихся поверхностей [2]. Общая задача повышения долговечности СДМ в большинстве случаев сводится к увеличению износостойкости отдельных деталей, лимитирующих надежность узлов, систем и всего агрегата в целом.

Не секрет, что интенсивно используемая автомобильная техника подвержена негативным воздействиям ряда факторов. Это и неустановившийся режим работы, и реверс, и вибрации, и возможность попадания абразивных частиц в зону контакта трущихся поверхностей, и разнообразие внешних условий эксплуатации, вызванное как переменными нагрузками, так и изменениями в окружающей среде, – все это приводит к существенному повышению интенсивности изнашивания трущихся поверхностей деталей машин. Наиболее действенным и эффективным методом борьбы с износом является использование в узлах трения качественных смазочных материалов [3].

В последние годы наблюдается рост интереса к экологически чистым смазочным композициям на водно-спиртовой основе, которые могут предложить ряд преимуществ, таких как улучшенные смазывающие свойства, хорошая теплопроводность и безопасность для окружающей среды [4, 5].

На основании особенностей структуры молекул воды были рассмотрены и предложены различные составы смазочных жидкостей, содержащих предельный одноатомный спирт ряда метанола. Исследования проводились при сравнении смазочных и других эксплуатационных свойств широко применяемых в промышленности минеральных масел, а также известных композиций на водной основе и разработанных жидкостей [6, 7].

Особое внимание обращается на смазочные жидкости на водно-спиртовой основе – в связи с тем, что с наличием у них таких важнейших преимуществ по сравнению с другими как: хорошие вязкостные свойства, возможность добавлять загустители, весьма высокие вязкостно-температурные свойства, неизменность коррозионного воздействия жидкостей при попадании в них воды извне, хорошая стойкость в этих композициях различных резинотехнических и уплотнительных материалов, простота приготовления смазочных жидкостей, которая заключается в основном лишь во взаимном растворении их компонентов. Немаловажно, что стоимость таких композиционных смесей значительно ниже синтетических композиций [8].

Анализ составов отечественных и зарубежных жидкостей на водной основе показал, что существующие смазочные композиции этого класса состоят из водной основы и загустителя [9]. А улучшение антифрикционных и противоизносных свойств осуществляется на основе добавления присадок [10]. В настоящее время в нашей стране и за рубежом замена минеральных и синтетических масел композициями на водной основе является весьма актуальной проблемой. Это тесно связано с вопросами охраны окружающей среды и экономии нефтепродуктов, так как запасы нефтяного сырья ограничены.

К основным преимуществам водно-спиртовых жидкостей следует отнести, во-первых, высокие вязкостно-температурные свойства (индекс вязкости достигает 140-160 и выше), высокую стойкость в этих средах различных резинотехнических уплотнителей и, наконец, неизменность коррозионного воздействия при попадании в них небольших количеств воды извне.

Эффективным путем улучшения смазочных свойств жидкостей является изменение структуры их основы, то есть изменение структуры воды [11]. Согласно современным представлениям о структуре воды, вода представляет собой некоторую ажурную структуру. Между молекулами воды находятся пустоты и кольцевые каналы, которые могут заполняться некоторыми низкомолекулярными углеводородами. Наибольший интерес среди таких низкомолекулярных углеводородов представляет собой предельные одноатомные спирты ряда метанола. Некоторые из них, в частности, метанол, этанол, пропанол, изопропанол – имеют в воде неограниченную растворимость.

Зависимость коэффициента трения от концентрации от водных растворов предельных одноатомных спиртов показана на рис. 1.

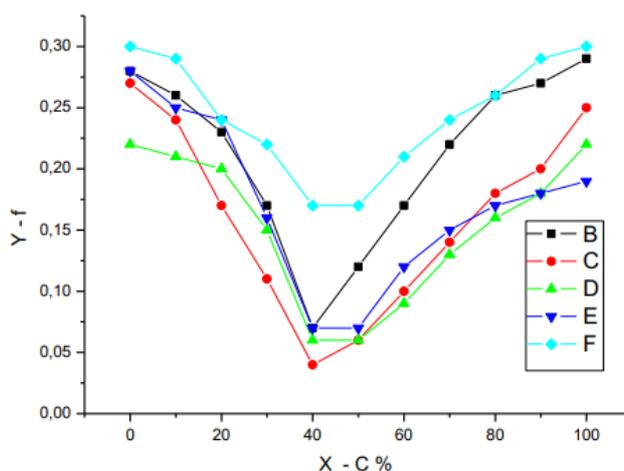


Рис. 1. Влияние концентрации водных растворов предельных одноатомных спиртов на коэффициент трения:

В – бутанол; С – изопропанол; D – пропанол; E – этанол; F – метанол

Проводилось исследование смазочных свойств воды, предельных одноатомных спиртов и их водных растворов при трении металлических поверхностей. Испытаны водные растворы с концентрациями от 5 до 95%. Изменение динамической вязкости растворов спиртов от концентрации меняется только до определенного значения. Динамическая вязкость возрастает до 40-45% спирта, затем происходит уменьшение, что связано с добавлением не электролита и изменением структуры воды.

Испытания проводились на стандартной машине трения по схеме – вал-частичный вкладыш. Результаты показывают, что интенсивность изнашивания и коэффициента трения от концентрации спиртов резко снижается до концентрации спиртов 40-45% мас., а затем возрастает. Похожая ситуация и с изменением вязкости растворов. Действительно, коэффициент трения при 5% спирта 0,25-0,27, а при 40-45% уже 0,02-0,03.

На втором этапе работы исследовали влияние загустителя, так как сама система «вода – предельный одноатомный спирт» не обладает достаточно высокими вязкостными и вязкостно-температурными свойствами. В качестве загустителя применили глицерин. Измерялись три параметра – величина линейного износа, величина коэффициента трения и температуры на выходе

смазочной жидкости из зоны трения. Пробовали концентрации 30-80% и систему вода-изопропанол с массовыми концентрациями в соотношении от 45 до 55%. Как показало исследование, введение в изопропиловую смесь с водой глицерина позволило повысить антифрикционные и противоизносные свойства смазочных жидкостей, что объясняется объемными и поверхностными свойствами водно-спиртовой жидкости.

Проанализировав показатели товарных смазочных материалов, можно сделать вывод, что полученная композиция не только не уступает, но при этом имеет гораздо меньшее число компонентов.

Разработаны новые смазочные композиции с добавлением загустителя в виде глицерина. Доказано, что полученные водные композиции не уступают минеральным маслам, а по некоторым показателям превосходят их, имея при этом менее сложный состав.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чооду О.А. Влияние климатических факторов на эксплуатационные показатели дорожно-строительных машин // Вестник Тувинского государственного университета. Технические и физико-математические науки. – 2013. – № 3(18). – С. 107-116.

2. Трофименко Б.П. Анализ причин низкой эксплуатационной надежности строительных и дорожных машин // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2024. – № 28. – С. 66–71.

3. Зарубин В.П. Улучшение эксплуатационных характеристик автотранспортной техники за счет применения высокоэффективных присадок // Известия МГТУ МАМИ. – 2014. – Т. 3, № 1(19). – С. 56-62.

4. Rahman H. Water-Based Lubricants: Development, Properties and Performances // Lubricants. – 2021. – Vol. 9 (8). – P. 73.

5. Ponnekanti N. Development of ecofriendly/biodegradable lubricants: An overview // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16 (1). – P. 764–774.

6. Тракторные масла, трансмиссионные масла для внедорожной техники. Мир нефтепродуктов // Вестник нефтяных компаний. – 2010. – № 4. – С. 22.

7. Маньшев Д.А. Результаты оценки показателей качества трансмиссионного масла при эксплуатации // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 7(86). – С. 49–58.

8. Колесниченко Д.С. Снижение стоимости владения техникой за счет применения высококачественных смазочных материалов // Горная промышленность. – 2016. – № 4(128). – С. 38.

9. Trajkovski A. Performance of Polymer Composites Lubricated with Glycerol and Water as Green Lubricants // Applied sciences. – 2023. – Vol. 13 (13). – P. 7413.

10. Senatore A. Polyalkylene Glycol Based Lubricants and Tribological Behaviour: Role of Ionic Liquids and Graphene Oxide as Additives // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2018. – Vol. 18 (2). – P. 913–92.

11. Монахова Ю.Б. Квантовохимическое изучение системы вода - одноатомные спирты // Известия Саратовского университета. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2006. – Т. 6, № 1-2. – С. 14-18.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИАГНОСТИКИ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ИМЕЮЩИХ ЗИМНЮЮ ОШИНОВКУ

Шубин Г.Д., Маркелов А.В.

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

Ярославский государственный технический университет, Ярославль

Актуальность исследования заключается в повышении безопасности движения зимой путем совершенствования диагностики тормозных систем автомобилей с зимней резиной, что позволяет своевременно выявлять неисправности и предотвращать аварийные ситуации.

Ключевые слова: транспортное средство, тормозные системы, ошиновка

IMPROVEMENT OF DIAGNOSTICS OF BRAKING SYSTEMS OF VEHICLES WITH WINTER TYRES

Shubin G.D., Markelov A.V.

Scientific Supervisor - **Markelov A.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The relevance of the study lies in increasing traffic safety in winter by improving the diagnostics of braking systems of cars with winter tires, which allows for timely detection of faults and prevention of emergency situations.

Keywords: vehicle, brakingsystems, tires

В ходе анализа открытых источников было выявлено, что проверка тормозной системы автотранспортных средств (АТС), имеющих зимнюю шипованную ошиновку, связано с проблемами, включающими: повреждение поверхности роликов стенда; выпадение шипов из посадочных мест; первоначальное проскальзывание роликов при торможении; отличие коэффициента сцепления шипованной резины от нешипованной [1, 2].

Ролики стенда повреждаются за счёт скобления металлических шипов в момент первоначального торможения колёс, когда скорость замедления колёс чуть превосходит скорость замедления роликов. Если ролики имеют покрытие из эпоксидного клея и асфальта, как в случае коммерческого силового стенда «Link Model 14200», то их покрытие будет вообще уничтожаться и разваливаться.

По причине некоторого различия скорости замедления роликов стенда и колёс АТС также вырываются и шипы из колёс именно на стендах с роликами с металлическим покрытием и шероховатостями.

Различие коэффициента сцепления с роликом стенда шипованных шин и нешипованных обусловлено тем, что в контакте с роликом в случае шипованных покрышек помимо резины участвуют металлические шипы, вследствие чего уменьшается пятно контакта и изменяется коэффициент сцепления шины с роликом.

Эластичность и мягкость любых покрышек прямо-пропорциональна температуре окружающей среды и собственной. Температура в помещениях диагностирования, где работают люди, должна быть комфортной для работников. Шипованные покрышки уже при температуре 7-10 °С окружающей среды достаточно размягчаются и теряют крепость обжима шипов в посадочных местах.

Обо всех этих проблемах говорят открытые источники Интернета и информация, собранная самостоятельно от некоторых производителей стендового оборудования [2, 3].

Таким образом, разработка конструкции тормозного стенда, измеряющего тормозную эффективность без использования сил сцепления колеса и ролика, позволит решить указанные выше проблемы. Этот стенд должен раскручивать колёса непосредственно от электродвигателей, при этом колёса (одной оси - тестируемой) будут вращаться на поддерживающих роликах.

Прежде, чем начинать расчёт стендового оборудования, необходимо изучить, какие параметры имеют особую важность при расчёте.

В исследовании авторов А.И. Федотова, В.Г. Власова, О.С. Янькова [1] говорится: «Одним из важных параметров, определяющих устойчивость и управляемость автотранспортного средства (АТС), является коэффициент φ сцепления шины с опорной поверхностью. Коэффициент сцепления φ , реализованный в пятне контакта шины с опорной поверхностью, определяет значение тормозной силы. В процессе торможения автомобильного колеса на величину его коэффициента сцепления φ влияет много факторов. При этом он значительно зависит от проскальзывания S . График зависимости коэффициента сцепления от проскальзывания S называют (φS) -диаграммой. В условиях эксплуатации шина автомобильного колеса контактирует с плоской опорной поверхностью дорожного полотна, демонстрируя те или иные сцепные характеристики. В случае контроля технического состояния тормозной системы АТС каждая шина контактирует одновременно с двумя цилиндрическими поверхностями опорных роликов диагностического стенда. При этом реализуется сразу два значения коэффициента сцепления: φ_1 – в пятне контакта с передним опорным роликом и φ_2 – в пятне контакта с задним опорным роликом. Причем в каждом пятне контакта шин с опорными поверхностями роликов действует своя величина проскальзывания: S_1 – проскальзывание шины относительно переднего опорного ролика и S_2 – относительно заднего опорного ролика [28]».

Исследование, проводимое авторами статьи [28], было направлено на определение влияния продольного смещения колеса транспортного средства относительно роликов стенда. Эксперимент проводился в трёх режимах:

1. Без первоначального смещения колеса относительно оси симметрии опорных роликов стенда ($a = 0$);

2. С первоначальным смещением колеса относительно оси симметрии опорных роликов стенда на величину $a = -15$ мм (в сторону переднего ролика);

3. С первоначальным смещением колеса относительно оси симметрии опорных роликов стенда на величину $a = 15$ мм (в сторону заднего ролика).

На рис. 1 представлена схема торможения колеса на двух опорных роликах с параметрами, используемыми и устанавливаемыми по эксперименту [1].

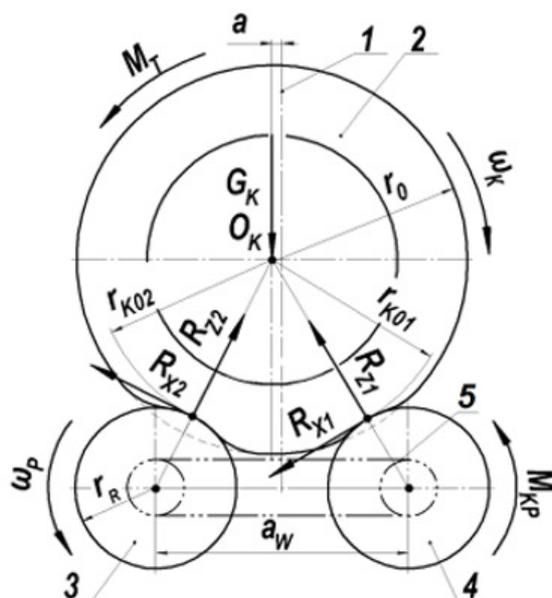


Рис. 1. Схема процесса торможения колеса на двух опорных роликах:

1 – ось симметрии опорных роликов; 2 – колесо с испытуемой шиной; 3 – передний опорный ролик; 4 – задний опорный ролик; 5 – цепная передача; ω_K – угловая частота вращения колеса; ω_P – угловая частота вращения опорных роликов; G_K – нормальная нагрузка, приложенная к колесу; r_0 – свободный радиус колеса; r_{K01} – силовой радиус колеса относительно переднего ролика; r_{K02} – силовой радиус колеса относительно заднего ролика; R_{Z1} – нормальная реакция на переднем ролике; R_{Z2} – нормальная реакция на заднем ролике; R_{X1} – касательная реакция на переднем ролике; R_{X2} – нормальная реакция на заднем ролике; a_w – межосевое расстояние между опорными роликами; r_R – радиус опорного ролика

На рис. 2 изображена схематика силового стенда для проверки тормозной системы АТС имеющего шипованную ошиновку.

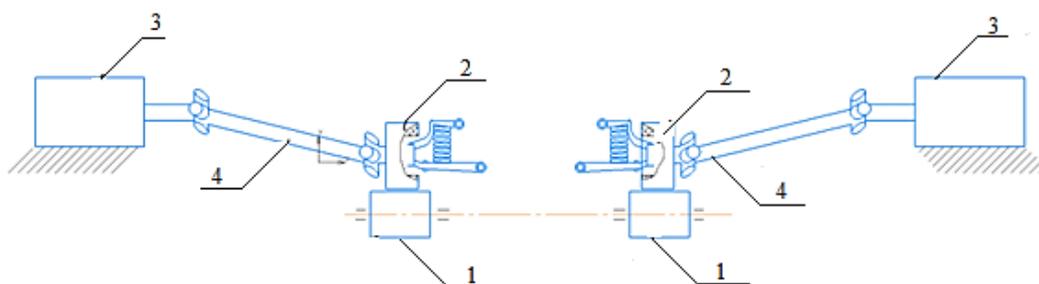


Рис. 2. Схематика тормозного стенда с прямой передачей вращения на колёса АТС:

1 – поддерживающие ролики; 2 – колесо транспортного средства; 3 – электродвигатель; 4 – карданвальная передача от двигателя напрямую на колесо

Стенд, в котором исключена силовая передача вращения от роликов на колёса транспортного средства, будет лучшим решением для измерения тормозной эффективности тормозной системы АТС. Исключение силовой передачи вращения колёс через ролики стенда позволит колёсам в заторможенном состоянии свободно тормозить вместе с поддерживающими роликами (которые в данном случае не передают вращения колёсам).

Независимо от назначения стенда в первую очередь определяют диаметр и длину роликов, расстояние между роликами и осями роликов, прорабатывают кинематическую схему стенда, проектируют выталкиватель колес, задаются способом торможения роликов в момент выезда автомобиля. Затем выполняют расчеты подшипников и прочностные расчеты валов, муфт, шпонок и т.д.

При проектировании инерционного стенда проверки тормозов исходя из кинематики стенда рассчитывают основные размеры инерционных масс и подбирают приводной электродвигатель [4].

Таким образом, различия в скорости остановки колёс и роликов будет меньше, а также поверхность роликов будет меньше изнашиваться, и вероятность вырывания шипов будет существенно ниже. Помимо этого, проскальзывание будет меньше, что даст более точные измерения по тормозных силам и другим параметрам диагностирования тормозных систем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Федотов А.И. Кинематика колеса, тормозящего на роликах диагностического стенда / А.И. Федотов, В.Г. Власов, О.С. Яньков // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – № 6(21). – С. 159–172.
2. Про резину. – URL: <https://www.tech-drive.ru/posts/864/> (дата обращения 10.04.2025).
3. «Как бояться мороза?» Этот факт о зимних шинах вас удивит. – URL: <https://www.techinsider.ru/vehicles/1616761> (дата обращения 10.04.2025).
4. Кудрин А.И. Основы расчета нестандартизованного оборудования для технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003.– 205 с.

**Секция «ЭКОЛОГИЯ. ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО.
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ»**

УДК 502.37: 632.15

**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ
В ОБЪЕКТАХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

Волков Д.В., Маркелов А.В.

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

Ярославский государственный технический университет

В настоящее время вопросы геоэкологической ответственности при утилизации отработанных масел становятся всё более актуальными. Это вызвано не только растущей общественной озабоченностью данной проблемой, но и ужесточением нормативно-правовых требований. В статье рассмотрены основные методы, позволяющие определить влияние данных отходов на окружающую среду.

Ключевые слова: *отработанное масло, метод ИК-спектromетрии, флуориметрический метод*

**METHODS OF DETERMINING USED OILS
IN GEOECOLOGICAL ENVIRONMENTAL OBJECTS**

Volkov D.V., Markelov A.V.

Scientific Supervisor - **Markelov A.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Currently, issues of geoecological responsibility in the disposal of used oils are becoming increasingly relevant. This is due not only to the growing public concern about this problem, but also to the tightening of regulatory requirements. The article discusses the main methods that allow determining the impact of these wastes on the environment.

Keywords: *used oil, IR spectrometry method, fluorimetric method*

Отработанные масла представляют собой серьезную угрозу для окружающей среды, так как они содержат различные токсичные вещества, такие как тяжелые металлы, полициклические ароматические углеводороды и другие опасные соединения. Эти вещества могут попадать в почву, воду и воздух, вызывая загрязнение экосистем и негативно влияя на здоровье человека и животных.

Для того чтобы понять масштабы проблемы и разработать эффективные меры по ее решению, ученые проводят исследования, направленные на оценку уровня загрязнения окружающей среды отработанными маслами. Например, Н.В. Чугай изучал распределение тяжелых металлов в почвах промышленных зон, загрязненных отработанными маслами. Его работа позволила выявить

наиболее уязвимые зоны и предложить методы реабилитации загрязненных территорий [1].

Аналогичным образом, ряд авторов исследовали воздействие отработанных масел на водные ресурсы, выявив наличие опасных соединений в водоемах вблизи предприятий, связанных с использованием нефтепродуктов. Они предложили комплекс мер по очистке воды и предотвращению дальнейшего загрязнения водных объектов [2].

Т.К. Черняева провела исследование по оценке риска для здоровья населения, проживающего в районах с высоким уровнем загрязнения отработанными маслами. Результаты ее исследований показали, что проживание в таких зонах увеличивает риск развития онкологических заболеваний и других серьезных патологий [3].

Е.С. Воеводин изучил влияние отработанных масел на флору и фауну, обнаружив значительное снижение биоразнообразия в регионах с высокой концентрацией этих веществ. Это подчеркивает важность принятия срочных мер по защите природных ресурсов [4].

Авторы С.В. Федосов, А.В. Маркелов проанализировали экономическое значение переработки отработанных масел, подчеркнув, что использование современных технологий позволяет значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду и одновременно получать прибыль от вторичного использования продуктов нефтепереработки [5].

Наконец, А.Н. Кулешова рассмотрела правовые аспекты регулирования обращения с отходами, включая отработанные масла. Ее анализ показал, что существующая нормативная база требует значительных изменений для эффективного контроля над ситуацией [6].

Отработанные моторные масла включают в себя опасные загрязнители. Среди них – полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обладающие канцерогенными свойствами, а также высокие концентрации свинца, цинка, меди, хрома, никеля и кадмия, отличающихся высокой токсичностью.

Для выявления ОМ в объектах геоэкологической среды применяются различные методы анализа: гравиметрия, флуориметрия, спектрофотометрия (УФ и ИК диапазон), газохроматография.

Принцип гравиметрического метода заключается в экстракции ОМ с использованием малополярных растворителей (хлороформ, гексан, CCl_4 , пентан, петролейный эфир, хладон), очистке экстракта от полярных примесей на сорбционной колонке (с использованием Al_2O_3 II степени активности, силикагеля или флоросила) и удалении растворителя путём выпаривания. Завершающий этап - взвешивание оставшегося вещества для определения общего содержания ОМ.

Флуориметрический метод базируется на экстракции ОМ с помощью гексана, очистке полученного экстракта, измерении интенсивности флуоресценции после оптического возбуждения.

В основе УФ-спектрофотометрического метода лежит процесс извлечения ОМ с помощью экстрагентов (гексана, CCl_4 , хлороформа или толуола). После

экстракции производится измерение оптической плотности с использованием спектрофотометра на определенных длинах волн.

Метод ИК-спектрометрии позволяет определять суммарное содержание алифатических углеводородов и ПАУ. путем экстракции ОМ (CCl_4 или хладон 113), очистке экстракта на колонке с оксидом алюминия, регистрацией ИК-спектра в диапазоне $2700\text{--}3200\text{ см}^{-1}$. Этот метод особенно эффективен при исследовании почв, грунтов и атмосферного воздуха.

Газохроматографический метод базируется на экстракции ОМ, очистке от полярных примесей, анализе на газовом хроматографе и измерении суммарной площади хроматографических пиков.

В настоящее время для определения ОМ в геоэкологических объектах рекомендуется использовать гравиметрический, ИК-спектроскопический, флуориметрический и газохроматографический методы. Среди них особое место занимает последний, который считается одним из самых перспективных.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают, что проблема загрязнения окружающей среды отработанными маслами является актуальной и требует комплексного подхода к ее решению. Привлечение внимания общественности и принятие соответствующих законодательных мер позволят минимизировать негативные последствия этого явления.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чугай Н.В. Оценка загрязнения урбанизированных почв тяжелыми металлами на территории г. Владимира / Н.В. Чугай, И.Н. Курочкин, Е.Ю. Кулагина // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26, № 6. – С. 67-71.

2. Опасность загрязнения водных объектов нефтью с учетом растворения и стратификации ее компонентов / Я.И. Лебедь-Шарлевич, З.И. Жолдакова, Р.А. Мамонов, Н.И. Беляева // Российский журнал прикладной экологии. – 2020. – № 3. – С. 46-52.

3. Черняева Т.К. Актуальные проблемы влияния отходов производства и потребления на объекты окружающей среды и состояние здоровья населения (обзор) // Гигиена и санитария. – 2013. – № 3– С. 32-35.

4. Сохранение биологического разнообразия – основа устойчивого развития: Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции с международным участием, Грозный, 19 мая 2016 года. – Грозный: Чеченский государственный педагогический университет, 2016. – 426 с.

5. Fedosov S.V. System Analysis Research Methodology for Liquid Media Ultrafiltration Process / S.V. Fedosov, A.V. Markelov, Yu.P. Osadchii // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2024. – Vol. 58, № 3. – P. 564–573.

6. Кулешова А.Н. Правовое регулирование отношений по добыче нефти и газа: постановка проблемы // Legal Concept. – 2020. – Vol. 19, № 3. – P. 103–107.

СНИЖЕНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Жарова Н.В., Ладыгина О.В.

Научный руководитель – **Ладыгина О.В.**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Рассмотрен комбинированный метод для очистки сточных вод коксохимического предприятия, обеспечивающий снижение концентрации загрязняющих веществ.

Ключевые слова: коксохимическое предприятие, антропогенная нагрузка, концентрация загрязняющих веществ

REDUCING THE ANTHROPOGENIC LOAD OF COKE AND CHEMICAL ENTERPRISES ON THE ENVIRONMENT

Zharova N.V., Ladygina O.V.

Scientific Supervisor – **Ladygina O.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

A combined method for treating wastewater from a coke and chemical enterprise is considered, ensuring a decrease in the concentration of pollutants.

Keywords: coke and chemical enterprise, anthropogenic load, concentration of pollutants

Основная деятельность коксохимической промышленности заключается в переработке природного топлива под действием высоких температур. Под действием термической обработки каменноугольной смолы осуществляется образование сточных вод при испарении влаги и её конденсации. Сточные воды коксохимических предприятий имеют сложный химический состав, преобладающей частью которого являются токсичные вещества органической природы.

Негативное воздействие коксохимической промышленности на окружающую среду и здоровье населения заключается в выделении токсичных загрязняющих веществ из образованных сточных вод, таких как фенол, аммиак. В сточных водах также концентрируются соли аммония, роданид- и цианид-ионы. Попадая в водоемы, сточные воды коксохимической промышленности наносят ущерб экосистеме, снижают биоразнообразие водоемов. Токсическое действие фенола на организм человека обусловлено раздражением слизистых оболочек дыхательных путей, попадая внутрь организма, он провоцирует развитие язвенной болезни, атрофию мышц и нарушение координации движений. Таким образом, для снижения антропогенной нагрузки предприятий коксохимической промышленности для сохранения биоразнообразия и улучшения качества жизни населения необходимо реализовать комплекс природоохранных мероприятий.

Цель: снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду путем сокращения концентраций загрязняющих веществ в сточных водах коксохимического предприятия.

Задачи:

- 1) изучить состав сточных вод;
- 2) подобрать способы очистки сточной воды от загрязняющих веществ;
- 3) по результатам экспериментальных данных составить блок-схему очистки сточных вод.

Снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду при сжигании каменноугольной смолы на коксохимическом предприятии, обеспечивается созданием технологии очистки сточных вод. Выбор методов очистки основан на составе сточных вод и концентрации загрязняющих веществ.

Исходя из состава сточных вод коксохимического предприятия и концентраций загрязняющих веществ, полученных количественным химическим анализом табл. 1. По результатам проведенного спектрального анализа, выявлены следующие функциональные группы загрязняющих веществ: алканы, алкены, фенолы, ион-радониды и цианиды [1]. На основании данных ранее проведенных исследований [1] был предложен комплексный метод очистки сточных вод с применением коагуляции, для осаждения мелкодисперсных примесей и осуществлении сорбции углеволокнистым фильтрующим материалом [2].

Таблица 1. Количественный химический анализ состава сточных вод

Загрязняющее вещество	Нормативные документы	Концентрация мг/дм ³	Норматив допустимого сброса в ЦСВ ПГО, мг/дм ³
		Проба от 18.07.24	
ХПК	ФР.1.31.2002.00639	12874,0	333,00
Фенолы	ПНДФ 14.1:2:4.182-02	4,2	0,025
Ионы аммония	ПНДФ 14.1:2:3.1-95	646,8	10,00
Взвешенные вещества	ПНДФ 14.1:2:4.254-09	157,7	107,30

По результатам проведенного количественного химического анализа пробы очищенной воды определено превышение концентрации ионов аммония. Комбинированный метод, включающий коагуляцию и сорбцию углеволокнистым фильтрующим материалом, не находит применения для очистки сточных вод от ионов аммония. Таким образом, предложено включить третью ступень очистки, которая включает ионный обмен катионитом марки КУ-23, содержащий сульфогруппы, которые эффективно притягивают к себе ионы аммония без изменения водородного показателя. На рис. 1 представлена блок-схема очистки сточных вод коксохимического предприятия.

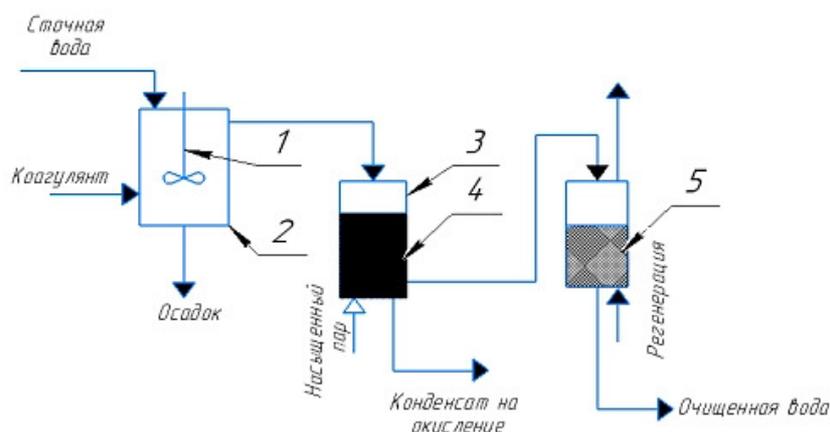


Рис. 1. Блок-схема очистки сточных вод коксохимического предприятия:

1 – мешалка; 2 – резервуар; 3 – адсорбционная колонна; 4 – углеволоконный фильтрующий материал «Бусофит»; 5 – ионообменная смола КУ-23

Сточная вода помещается в резервуар 2, в который подается раствор коагулянта в соотношении 1.5 мл на 40 мл воды, осуществляется перемешивание мешалкой 1 в течение 30 с, мелкодисперсные взвешенные вещества оседают на дно, осветленная вода поступает в адсорбционную колонну 3, заполненную углеволоконным фильтрующим материалом 4, скорость потока 0,44 мл/с, вода подается на доочистку в колонне 5 с ионообменной смолой КУ-23 – 5. Очищенная вода поступает в централизованную систему водоотведения поселков и городских округов. Регенерация углеволокна осуществляется насыщенным паром под давлением. Конденсат собирается и поступает на установку окисления. Регенерация катионита осуществляется раствором кислоты соляной кислоты, однако в ходе процесса образуется элюат, который необходимо утилизировать.

Произведен фотометрический метод определения ионов аммония [3] в пробе очищенной воды с применением по третьей ступени очистки метода ионного обмена. Стоит отметить, что были отобраны пробы после сорбции углеволоконным фильтрующим материалом двух видов «БУСОФИТ» Т-040 и Т-1-040. Все отобранные пробы после сорбции осветленной воды углеволокном при последующем взаимодействии с реактивом Нессера и раствором сегнетовой соли имели устойчивый ярко-оранжевый осадок, что свидетельствовало о наличии ионов аммония в больших концентрациях. Следовательно, углеволокно не способно сорбировать ионы аммония из сточных вод. По результатам количественного химического анализа составлена табл. 2.

Таблица 2. Количественный химический анализ пробы очищенной воды

Показатель	Единицы измерения	Метод очистки:	
		Коагуляция раствором хлорида железа III, сорбция углеволоконным фильтрующим материалом «БУСОФИТ» и осуществление ионного обмена	Норматив допустимого сброса в ЦСВ ПГО, мг/дм ³
Фенолы	мг/дм ³	0,0005	0,025
Ионы аммония	мг/дм ³	1,1	10,00
Взвешенные вещества	мг/дм ³	24,0	107,30
ХПК	мг/дм ³	248,0	333,00

Эффективность очистки составила: по фенолам – 99,99%, по ионам аммония – 99,83 %, по взвешенным веществам – 84,78%, по химическому потреблению кислорода – 98,07%. Таким образом, применение комбинированного метода для очистки сточных вод коксохимического предприятия, обеспечивает снижение концентраций загрязняющих веществ, что обеспечивает в перспективе сохранение биоразнообразия, сохранение природных ресурсов и поддержанию здоровья населения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Очистка сточных вод процесса переработки каменноугольной смолы от фенола / О.В. Ладыгина, Н.В. Жарова, С.З. Калаева [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2024. – № 2(148). – С. 189-201. – DOI: 10.17122/ntj-oil-2024-2-189-201. – EDN TCEOJW.
2. Очистка сточных вод от фенола сорбцией углеродистым фильтрующим материалом / О.В. Ладыгина, Н.В. Жарова, С.З. Калаева [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2024. – № 5(151). – С. 102-114. – DOI: 10.17122/ntj-oil-2024-5-102-114. – EDN BVOZIT.
3. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера ПНД Ф 14.1:2:3.1-95. – Москва, 2017.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ В БЛАГОУСТРОЙСТВЕ МАЛЫХ ГОРОДОВ

Калинин А.В., Ладыгина О.В.

Научный руководитель – **Ладыгина О.В.**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Биоинженерные системы водоотвода в малых городах сокращают объемы и интенсивность поверхностного стока, заменяют отсутствующие канализационные сети, очищают воду от загрязнений, улучшают её качество и снижают риск подтоплений, одновременно восстанавливая экологический баланс городской среды.

Ключевые слова: система водоотведения, благоустройство, малые города

APPLICATION OF BIOENGINEERED WATER DRAINAGE SYSTEMS IN SMALL TOWN IMPROVEMENT

Kalinin A.V., Ladygina O.V.

Scientific Supervisor – **Ladygina O.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Bioengineered water drainage systems in small towns reduce the volume and intensity of surface runoff, replace missing sewer networks, purify water from contaminants, improve its quality and reduce the risk of flooding, while simultaneously restoring the ecological balance of the urban environment.

Keywords: water drainage system, improvement, small towns

Меняющийся климат влияет на разные аспекты жизни человечества, включая условия функционирования городских систем благоустройства. В соответствии с докладом Росгидромета об особенностях климата в России [1] в 2024 году увеличилось количество: очень сильных осадков – на 19%, очень сильного ветра – на 4%, аномально жаркой погоды – на 24%, сильного гололеда – на 48%. При выпадении экстремальных ливней существующие сети ливневой канализации, рассчитанные на небольшую вероятность превышения средних многолетних значений, обычно не справляются со своей функцией, что приводит к подтоплениям [2]. В малых городах, которые являются самым распространённым типом городских поселений в России [3], сети закрытой ливневой канализации, как правило, слабо развиты или отсутствуют, поэтому их развитие требует больших капиталовложений [4]. Кроме того, рост площадей непроницаемых поверхностей в городах увеличивает количество ливневых стоков, которые остаются на поверхности и требуют организации искусственного водоотвода [5]. В этих условиях актуальной задачей становится внедрение систем водоотведения, основанных на новых принципах работы.

Альтернативным подходом к управлению ливневыми водами для замены устаревших процессов является внедрение водопоглощающей системы озеленения [6], которая представляет собой вариант применения природоподобных технологий для систем водоотведения, которые будут функционировать как элементы городского благоустройства и при этом являться составной частью зеленой инфраструктуры города. В соответствии с Методическими рекомендациями по организации водоотвода на улично-дорожной сети городов, не имеющих подземной (трубопроводной) ливневой канализации, выпущенными Минстроем РФ в 2019 году [7], улицы населенных пунктов являются: 1) коридорами, обеспечивающими подвижность (мобильность) населения и товаров; 2) общественными пространствами; 3) частью природной экосистемы. Исходя из этого, важно уделять внимание вопросу озеленения городских улиц, которое должно выполнять не только эстетическую функцию, но и являться составной частью городского водоотвода, а также элементом экосистем, что возможно только при формировании системы озеленения в виде непрерывных «зеленых коридоров», связанных между собой и с внегородскими природными территориями.

Следование этим принципам в крупных городах может быть затруднительно по ряду причин: слишком большая площадь города, исторически сложившаяся плотная застройка, недостаточная ширина улиц. В малых городах, в связи с меньшим масштабом, менее плотной застройкой, традиционной системой поверхностного водоотвода в виде открытых канав на периферийных улицах внедрение сети зеленых коридоров, совмещающих функции озеленения и водоотвода, представляется возможным и целесообразным, а также актуальным для обеспечения водоотвода на территориях, не оборудованных сетями закрытой ливневой канализации. В соответствии с [7] допускается применять следующие методы отвода воды на участках улично-дорожной сети, не оборудованных канализационными коллекторами для отвода ливневых и талых вод: 1) озеленение улиц, которое позволяет исключить скопление воды, вынос грунта на проезжую часть и тротуары, а также обеспечивает минимально необходимую очистку сточных вод; 2) планирование водоотвода, развития устойчивой сети ливневых стоков; 3) преобразование улиц с учетом применения озеленения, предназначенного для отведения поверхностного стока; 4) совмещение водоотвода с дренажом и использование локальных очистных сооружений.

Сбор и очистка поверхностного стока городских территорий может производиться с применением биоинженерных систем, использующих природоподобные технологии, которые не оказывают техногенного влияния на окружающую среду, а напротив, биопозитивны и способствуют восстановлению и сохранению природной среды [8]. В качестве основных типов биоинженерных систем для организации водоотвода на городских территориях можно выделить: 1) дождевой сад (фитофильтр); 2) биодренажная канава (биосвал, биофильтрационный канал); 3) грядник [5]. Такие объекты фактически являются одновременно элементами озеленения и системами водоотвода.

Во всех перечисленных биоинженерных системах проходят механические и физико-химические процессы, схожие с принципами работы очистных сооружений (фильтрация, осаждение, сорбция и ионный обмен), с использованием иммобилизованной микрофлоры и высших растений, а также фильтрационного слоя, и водоотведение доочищенных возвратных вод в водоем непосредственно (устройство дренажной трубы) или опосредствованно (через поток грунтовых вод). В качестве растительности целесообразно использовать влаголюбивые виды с развитой корневой системой, устойчивые к загрязнениям и способные обеспечивать водоочистку – ива, осока, лабазник, бузульник, бадан толстолистный, ирис ложноаировый и другие, характерные для болотистых местностей.

Дождевой сад – пониженный участок территории, запроектированный для приема поверхностного стока и засыпанный фильтрующей загрузкой, в которую высажены высшие растения [7]. Основной принцип действия дождевого сада – сбор поверхностных вод с замкнутой территории, их временное накопление, фильтрация, частичная очистка и утилизация за счет испарения и инфильтрации в подстилающий грунт. Представляется целесообразным применение дождевых садов на дворовых территориях многоквартирных домов, которые зачастую образуют бессточные области.

Биодренажная канава – открытый канал небольшой глубины, чаще всего трапецидального сечения, плотно засаженный высшей растительностью и имеющий небольшой уклон для обеспечения движения воды самотеком [7]. Канава обеспечивает сток воды к водоприемнику, а также функции, характерные для дождевого сада.

Грядник – конструкция с растительностью, которая встроена в тротуар для перехвата ливневых стоков с проезжей части или тротуара [5]. В отличие от дождевых садов и биодренажных канав, предполагающих в основном свободное размещение в грунте и формирование пологих откосов, из-за чего требуют достаточно большой площади, грядники устраиваются в бетонных стенках, непосредственно примыкая к тротуару или проезжей части с твердым покрытием. Сток воды в грядник обеспечивается через промежутки или прорези в бортовом камне.

Бионженерные системы водоотвода на территории малых городов помогут сократить объем и интенсивность стока в сетях ливневой канализации (при ее наличии), заместить сети подземной канализации при их отсутствии, очищать сток от загрязняющих веществ, повышать качество воды и снижать риски подтоплений, при этом восстанавливая экологические функции в составе искусственной городской среды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год / – URL: <http://www.igce.ru/reports/> (дата обращения: 16.04.2025).
2. Епифанова М.А. Предложения по совершенствованию системы ливневой канализации на примере Московской области // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2024. – № S2. – С. 45–48.

3. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/vpn/2020> (дата обращения 16.04.2025).
4. Сиваев С.Б. Российские города и ливневая канализация // Экоурбанист. – URL: <https://ecourbanist.ru/vzi/rossijskie-goroda-i-livnevaya-kanalizaciya/> (дата обращения: 16.04.2025).
5. Ливневая канализация в современном городе. От тарификации до инфильтрации. // Коллект. монография / С.Б. Сиваев, А.М. Абдуллаев, О.О. Смирнов, Э.С. Залян, Е.С. Андреева, А.В. Летуновский; при участии Б.Б. Савкина, Ю.А. Воловик, Н.В. Шиловой; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Издат. дом Высшей школы экономики, 2023. – 120 с.
6. Феофанова С.С. Анализ нормативных документов РФ в области градостроительства для внедрения водопоглощающей системы озеленения // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 1. – С. 613–620.
7. Методические рекомендации по организации водоотвода на улично-дорожной сети городов, не имеющих подземной (трубопроводной) ливневой канализации. – URL: [https://ecolog.ru/docs/FLDQTeePNotTiFDY-Hnx7/1?utm_referrer=https%3A%2F%2Ffyandex.ru%2F (дата обращения: 16.04.2025)].
8. Курбанов С.О. Обоснование концепции создания биоинженерных систем защиты и восстановления земель прибрежных и рекреационных зон / С.О. Курбанов, А.А. Созаев // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, № 8. – С. 34–39.

ВНЕДРЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ СПОСОБОВ СБОРА И ОЧИСТКИ ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Копничева Л.Д., Ладыгина О.В.

Научный руководитель – **Ладыгина О.В.**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

В статье применяется комплексный подход для изучения функционирования дождевых садов как средства управления ливневыми стоками и предотвращения загрязнения водных ресурсов.

Ключевые слова: ливневые сточные воды, очистка, устойчивое развитие территорий

IMPLEMENTATION OF SUSTAINABLE METHODS OF COLLECTING AND PURIFYING STORM WATER ON THE EXAMPLE OF THE YAROSLAVL REGION

Kopnicheva L.D., Ladygina O.V.

Scientific Supervisor – **Ladygina O.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The article uses an integrated approach to study the functioning of rain gardens as a means of managing stormwater runoff and preventing water pollution.

Keywords: stormwater, purification, sustainable development of territories

Внедрение устойчивых методов сбора и очистки ливневых вод в Ярославской области становится все более актуальным в связи с рядом насущных экологических и городских проблем. В связи с изменением климата, приводящим к экстремальным погодным условиям, города сталкиваются с усилением дождей и наводнений. В Ярославле последствия урбанизации привели к образованию значительных поверхностных стоков, вызывающих загрязнение местных водоемов, эрозию почвы и разрушение инфраструктуры [1, 2]. Поэтому устойчивое управление ливневыми стоками имеет решающее значение для защиты экосистемы, поддержания качества воды и сохранения здоровья населения.

Дождевой сад представляет собой уникальную экологическую конструкцию, способную эффективно справляться с проблемами управления дождевыми водами. В отличие от традиционных систем дренажа, дождевые сады собирают и задерживают стоки с крыш и твердых поверхностей в специально созданных неглубоких углублениях. Эти участки земли оформлены с учетом местных условий, где высаживаются растения, устойчивые к временной заболачиваемости, а вокруг них располагаются более

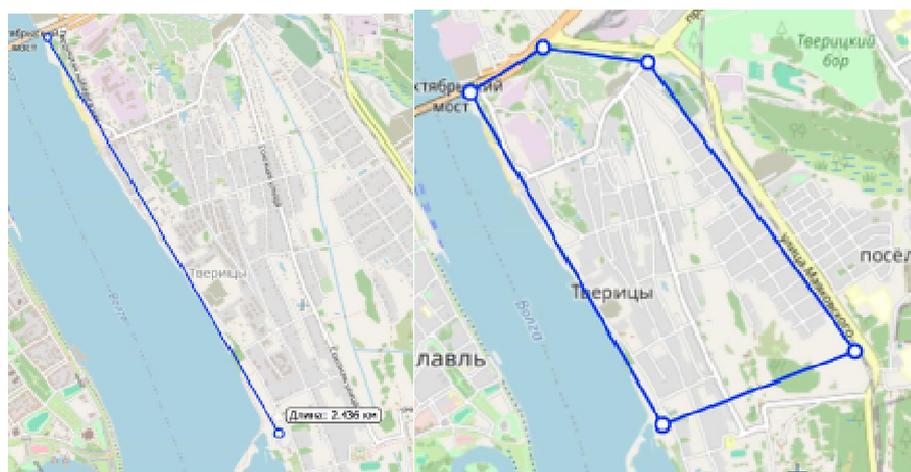
засухоустойчивые виды. Главная цель дождевого сада – собирать сточные воды, предотвращая их попадание непосредственно в водоемы, и способствующие их впитыванию в почву, что позволяет осадкам оседать и питательным веществам фильтроваться [3, 4]. Такой подход не только улучшает качество почвы, но и поддерживает биоразнообразие, играя важную роль в борьбе с загрязнением окружающей среды и изменением климата. В данной статье мы подробно рассмотрим функционирование дождевых садов, их преимущества и влияние на местные экосистемы.

В данном исследовании применяется комплексный подход для изучения функционирования дождевых садов как средства управления ливневыми стоками и предотвращения загрязнения водных ресурсов. Поверхностные сточные воды смывают мусор и загрязняющие вещества и, как правило, попадают в озера, реки и болота, разрушая почву и негативно влияя на водную систему. Это подтверждает необходимость разработки решений, которые могли бы минимизировать такие отрицательные воздействия.

Дождевые сады удерживают почву благодаря глубоким корням растений, что предотвращает эрозию, а также привлекают местных представителей биоразнообразия, включая птиц и бабочек. Выбор растений для дождевых садов является важным и ключевым аспектом нашего исследования. Местные растения наиболее эффективны в условиях изменчивой влажности, обеспечивая стабильность экосистемы. В качестве дополнительных методов сбалансирования стоков рассматриваются конструкции для временного удержания ливневых вод, которые позволяют постепенно снижать уровень воды, уменьшая риск наводнений.

В ходе работы применялись натурные наблюдения, моделирование и монографический метод. Для оценки годового объема и качества ливневых вод был произведен расчет в программе фирмы «Интеграл» «Расчет объемов поверхностного стока», версия 3.1.4 от 12.08.2016 [5].

На левом берегу реки Волги расположен Заволжский район города Ярославля. В весеннее половодие район Твериц является потенциально подтопляемым районом. Для минимизации рисков подтопления территории необходимо предусмотреть отвод ливневых стоков. В связи с существующими проблемами и отсутствием единой системы сбора и очистки ливневых стоков в городе Ярославле, предлагается внедрение природосовместимых технологий и реализация проекта благоустройства в районе Твериц. На рис. 1 представлена площадь исследуемой территории, на рис. 2 – крутизна склона в районе Тверицкой набережной.



Карта по умолчанию API



Рис. 1. Площадь исследуемой территории

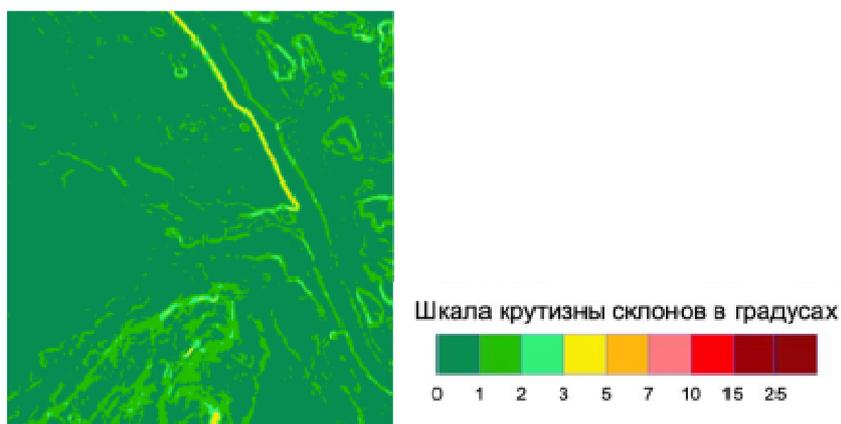


Рис. 2. Крутизна склона в районе Тверицкой набережной

По результатам исследования можно сделать следующие выводы.

1. Низкая крутизна склонов до 3 градусов способствует медленному стоку дождевой воды, что делает дождевые сады эффективными для ее задержки и фильтрации.

2. Годовое количество осадков в 600 мм предполагает, что существует достаточный объем дождевой воды для использования в дождевых садах, что уменьшит нагрузку на ливневую канализацию и снизит риск подтопления.

3. В потенциально подтопляемой зоне дождевые сады можно проектировать с учетом оптимального размещения и глубины для хранения избыточной воды.

4. Необходимо учитывать подземные воды, чтобы предотвратить затопление и обеспечить эффективность работы дождевых садов.

5. Важно создать систему управления, включая регулярное обслуживание дождевых садов, что повысит устойчивость к подтоплениям.

Ярославская область сталкивается со значительными проблемами в управлении ливневыми стоками в связи с урбанизацией и изменением климата. Однако внедрение устойчивых практик может снизить риск наводнений, улучшить качество воды и повысить устойчивость окружающей среды.

Устойчивое управление ливневыми водами имеет решающее значение для защиты экосистем, поддержания качества воды и здоровья населения путем смягчения воздействия поверхностных стоков, снижения загрязнения и повышения устойчивости естественных водных систем.

В заключение следует отметить, что преимущества технологии дождевых садов значительны. Дождевые сады служат эффективными инструментами для сбора и фильтрации ливневых вод, позволяя им просачиваться в землю, а не перегружать дренажные системы. Они способствуют сохранению биоразнообразия, создавая среду обитания для различных видов растений и животных, поддерживают пополнение грунтовых вод и улучшают качество воды, фильтруя загрязняющие вещества. Кроме того, дождевые сады могут повысить эстетическую ценность городских ландшафтов. Интегрируя дождевые сады в стратегии управления ливневыми водами, сообщества могут достичь более устойчивого и экологичного подхода к управлению осадками.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Устойчивый экосистемный дизайн: ГИС-технологии и моделирование: учебно-методическое пособие / науч. ред. Г.А.Фоменко. – Ярославль: АНОНИПИ «Кадастр», 2023. - 192 с.
2. IUCN French Committee. Nature-based Solutions for climate change adaptation and disaster risk reduction. – Paris, France, 2019. – URL: <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2019/07/uicn-g20-light.pdf>
3. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты: методическое пособие. - Москва: ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2015. – 146 с.
4. Фоменко Г.А. Устойчивый экосистемный дизайн: основные черты и особенности: учебно-методическое пособие. – Ярославль: АНО НИПИ «Кадастр», 2021. - 136 с.
5. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.

СПЕЦИФИКА СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДНО-БОЛОТНОГО УГОДЬЯ НА КУРШСКОЙ КОСЕ: КОНСТРУКТИВНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Ладыгина А.А., Фоменко Г.А.

Научный руководитель – **Фоменко Г.А.**, д-р геогр. наук, профессор, председатель Совета директоров группы компаний «Ресурсы и консалтинг»

Ярославский государственный технический университет

Исследования в поселке Рыбачий подтвердили эффективность природосовместимых решений, особенно внедрения искусственных водно-болотных угодий, для снижения риска подтоплений Куршской косы, сохранения биоразнообразия и поддержания высокой продуктивности экосистем.

Ключевые слова: устойчивое развитие территорий, водно-болотные угодья

SPECIFICITY OF CREATION AND FUNCTIONING OF WETLAND ON THE CURONIAN SPIT: CONSTRUCTIVE AND ECOLOGICAL ASPECTS

Ladygina A.A., Fomenko G.A.

Scientific Supervisor – **Fomenko G.A.**, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Chairman of the Board of Directors of the Resources and Consulting Group of Companies

Yaroslavl State Technical University

Research in the village of Rybachy confirmed the effectiveness of nature-compatible solutions, especially the introduction of artificial wetlands, to reduce the risk of flooding of the Curonian Spit, preserve biodiversity and maintain high productivity of ecosystems.

Keywords: sustainable development of territories, wetlands

В современном мире для минимизации рисков и адаптации к изменению климата необходимы решения, направленные на снижение последствий повышения температуры воздуха, влияния интенсивных штормов, загрязнения водных объектов и эвтрофикации водоемов. Большое внимание уделяется смягчению последствий изменения климата и адаптации к ним.

Куршская коса постоянно испытывает воздействие волн и штормов, подвергается эрозии и затоплению, что представляет угрозу для населения и инфраструктуры поселков на ее территории. В условиях меняющегося климата, количество таких явлений и их интенсивность постоянно возрастает. Куршская коса представляет уникальный природный комплекс, находящийся на стыке морской и лесной экосистемы, поэтому важно поддерживать и создавать решения, основанные на естественных природных процессах, создавая благоприятные условия для жизни [1-5]. Куршская коса является местом

обитания множества видов перелетных птиц. «Птичий мост» - такое название получила Куршская коса за возможность для пернатых сделать остановку для отдыха и кормёжки. В дни массовой миграции над косой пролетает до одного миллиона птичьих особей.

Для минимизации климатических рисков подтопления на территории Куршской косы необходимо подобрать такие технологии, которые способны учитывать изменения климата. Для защиты от наводнений предлагается использование водно-болотных угодий. Согласно Рамсарской конвенции, водно-болотные угодья – это участки болот, торфяников или воды, естественной или искусственной, постоянной или временной, со статичной или проточной, пресной, солоноватой или соленой водой, включая участки морской воды, глубина которых во время отлива не превышает шести метров.

По результатам моделирования выявлено наиболее уязвимое место на Куршской косе – поселок Рыбачий. По результатам выполненных исследований на основании оценки и моделирования уязвимости территории Куршской косы в Калининградской области в статье показана целесообразность применения природосовместимых решений при очистке поверхностного стока в п. Рыбачий [5].

В ходе работы применялись натурные наблюдения, моделирование и монографический метод. Для оценки годового объема и качества ливневых вод была использована модель программного комплекса InVEST Urban Stormwater Retention Model. Модель удержания городских ливневых стоков может оценивать потенциальное пополнение водоносного горизонта подземными водами, а также количество загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах [1] 0,1 га. Для наглядности выбирается ранжирование по трем группам.

Обработка исходных данных проводилась в двух Геоинформационных системах – QGIS версии 3.24.3 и ArcGISArcMap версии 10.3. Карты-схемы разрабатывались в ГИС ArcGISArcMap версии 10.3.

Для эффективной очистки стока, собираемого с территории поселка Рыбачий, по результатам расчетов была выявлена площадь водно-болотного угодья - 58448,25 м². Хорошим эмпирическим правилом является то, что площадь поверхности системы водно-болотных угодий должна составлять 1-5% от площади водосбора. Для размещения водно-болотного угодья была выбрана территория на окраине поселка с возможностью проектирования водоотводной сети для сбора ливневых сточных вод с использованием биосвалов и водопроницаемых парковок. На рис. 1 представлено место размещения и границы водно-болотного угодья.

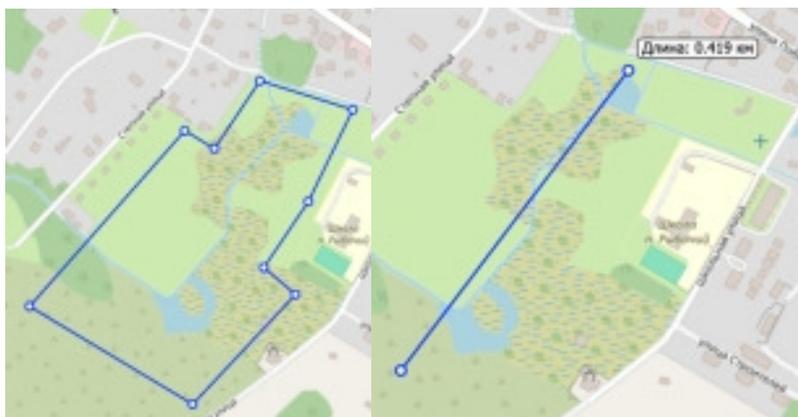


Рис. 1. Расположение водно-болотного угодья

Первая ячейка в системе искусственных водно-болотных угодий, иногда называемая первичным отстойником, требует особого внимания, поскольку на нее приходится наибольшая загрязняющих веществ. Однако такой подход не всегда уместен в условиях городского парка: такой пруд, скорее всего, будет значительно загрязнен, непригляден и будет иметь неприятный запах, в нем будет отсутствовать какая-либо растительность или дикие животные, которые делают водно-болотные угодья подходящим проектным решением для борьбы с диффузным загрязнением городской среды в общественных парках и на открытых пространствах [6].

Болотные растения являются основной формой контроля потока, они действуют как перегородки, увеличивая гидравлическое сопротивление и снижая скорость, помогая распределить потоки по всей ширине болотных клеток. Это увеличивает время задержания и обеспечивает эффективное осаждение, что приводит к повышению эффективности системы заболоченных земель. Растения для водно-болотных угодий следует выбирать с учетом качества воды. В первой ячейке водно-болотного угодья следует выбрать особенно выносливые виды, поскольку они будут испытывать наибольшую нагрузку от загрязнения – подходящими видами являются *Glyceria* (тростниковый донник). На рис. 2 представлены конструктивные особенности водно-болотного угодья. На рис. 3 представлена схема функционирования водно-болотного угодья.

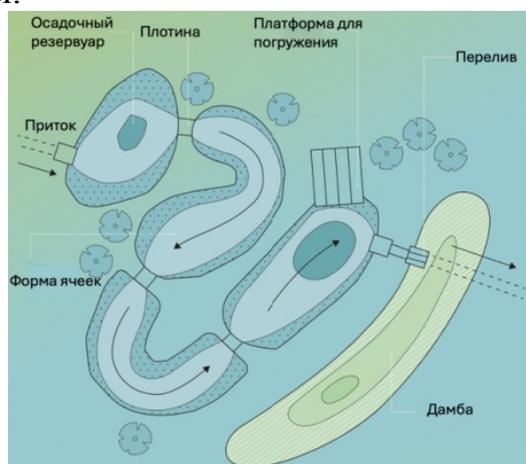


Рис. 2. Конструктивные особенности водно-болотного угодья

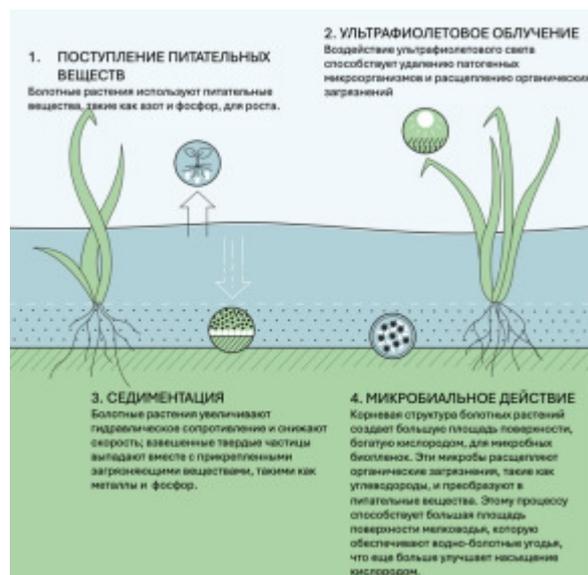


Рис. 3. Схема функционирования водно-болотного угодья

В результате реализации предлагаемых природосовместимых решений на территории поселка Рыбачий ожидается, что климатические риски подтопления будут снижены за счет задержания воды в водно-болотном угодье, объем фильтрации непосредственно в водно-болотном угодье и биосвалах составит более 440 м³/год, а в поселке – более 220 м³/год.

Опыт подобных решений существует и эффективно реализуется в зарубежных странах. В Нью-Йорке функционирует более 5000 водно-болотных угодий. Они обеспечивают среду обитания для диких животных, поглощают углекислый газ из атмосферы, помогают сделать поселения более устойчивыми к изменению климата, уменьшают риск наводнений, а также собирают, задерживают и фильтруют ливневые воды.

В Коста-Рике в центре студенческого кампуса в Университете САТИА расположено водно-болотное угодье, которое кроме эстетики привлекает птиц и регулирует микроклимат (рис. 4).



Рис. 4. Водно-болотное угодье в Университете САТИА (Коста Рика), фото Г.А. Фоменко

В Нидерландах часть польдерных земель успешно реконструируют в форме традиционного водно-болотного ландшафта для развития экотуризма (рис. 5), и отказываются от дорогостоящего увеличения защитных дамб в связи с возросшими рисками подтоплений от климатических изменений. Ликвидация последствий периодического подтопления водно-болотных угодий относительно дешево, в отличие от затопления поселений и сельскохозяйственных угодий и существенно способствует экотуризму (рис. 6).



Рис. 5. Реконструированный водно-болотный ландшафт на польдерных землях (Нидерланды), фото Г. А. Фоменко



Рис. 6. Вид на жилые дома и выращиваемые озимые культуры с 11-метровой защитной дамбы (Нидерланды), на поле прилетевшие гуси, фото Г. А. Фоменко

Результаты исследований, проведенных в поселке Рыбачий, показали, что применение природосовместимых решений имеет важное значение для минимизации климатических рисков подтопления на территории Куршской косы. Внедрение искусственных водно-болотных угодий занимает особое место в восстановительной экологии. Многие водно-болотные угодья относятся к

числу наиболее продуктивных природных экосистем, обеспечивая их многофакторное использование и превосходя лучшие сельскохозяйственные угодья и соперничая с продуктивностью влажных тропических лесов. Они обеспечивают среду обитания для богатого разнообразия местных видов, тем самым сохраняют биоразнообразие и минимизируют риск разрушения экосистемы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Устойчивый экосистемный дизайн: ГИС-технологии и моделирование: учебно-методическое пособие / науч. ред. Г.А. Фоменко. – Ярославль: АНОНИПИ «Кадастр», 2023. - 192 с.
2. IUCN French Committee. Nature-based Solutions for climate change adaptation and disaster risk reduction. Paris, France, 2019. – URL: <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2019/07/uicn-g20-light.pdf>
3. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2021 году» / Министерство природных ресурсов и экологии Калининградской области. – Калининград, 2022. - 200 с.
4. Фоменко Г.А. Устойчивый экосистемный дизайн: основные черты и особенности: учебно-методическое пособие. – Ярославль: АНОНИПИ «Кадастр», 2021. - 136 с.
5. Minimizing climatic flood risks of the curonian spit (baltic coast) / A. Ladygina [et al.] // RT&A. – 2024. – Special Issue № 6 (81), Part-2, Vol. 19. – P. 648-652. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/minimizing-climatic-flood-risks-of-the-curonian-spit-baltic-coast/viewer>
6. Malaviya P. Constructed wetlands for management of urban stormwater runoff / P. Malaviya, A. Singh // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. – 2012. – Vol. 42(20). – P. 2153-2214.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ ЭТИЛЕНГЛИКОЛЕМ

Румянцева А.В., Маркелов А.В.

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

Ярославский государственный технический университет

В данной работе рассматривается проблема загрязнения окружающей среды этиленгликолем. Этиленгликоль, используемый в качестве антифриза и в других промышленных процессах, представляет с собой опасный химическое вещество, способное негативно влиять на экосистему и здоровье человека.

Ключевые слова: окружающая среда, этиленгликоль, органические соединения

MAIN DIRECTIONS OF ENVIRONMENTAL RESTORATION POLLUTED BY ETHYLENE GLYCOL

Rumyantseva A.V., Markelov A.V.

Scientific Supervisor - **Markelov A.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

This paper examines the problem of environmental pollution by ethylene glycol. Ethylene glycol, used as antifreeze and in other industrial processes, is a dangerous chemical substance that can negatively affect the ecosystem and human health.

Keywords: environment, ethylene glycol, organic compounds

В процессе непрерывного технологического развития во многих отраслях промышленности образуются опасные отходы, которые оказывают существенное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. К таким веществам относится этиленгликоль.

Этиленгликоль (ЭГ) нашел широкое применение в производстве антизамерзающих и других технических жидкостях, которые позволяют эксплуатацию техники при отрицательных температурах. В том числе, в военной и гражданской авиации для предотвращения обледенения поверхностей авиалайнеров [1].

При этом образуются отходы, которые содержат этиленгликоль. Так согласно данным анализа сточных и ливневых вод аэропорта Пулково, проведенные в 2018 году, показали превышения предельно допустимой концентрации этиленгликоля в 640 раз, что приводило к обращению граждан о неблагоприятном экологическом состоянии реки Новой, и фиксации гибели рыб и водоплавающих птиц [2]. Этиленгликоль имеет III класс опасности в соответствии классификацией опасных отходов. ПДК ЭГ в воздухе составляет 5 мг/м^3 , а дозировка в объеме 100-300 мл может привести к смертельным

исходам. Этиленгликоль может проникать в организм через кожу, при попадании в организм человека вызывает хроническое отравление и поражает сосуды, почки, нервную систему; при вдыхании паров может наблюдаться сонливость и слабость вплоть до потери сознания [3]. Поэтому сточные воды, в которых имеются этиленсодержащие отходы необходимо подвергать очистке или обезвреживанию перед сбросом в водоемы или канализационные системы.

С другой стороны, этиленгликоль – ценное органическое соединение, которое можно после определенной обработки вернуть в производственный цикл с целью повторного использования.

Основной проблемой разделения воды и этиленгликоля является то, что ЭГ в сточных водах содержится в смеси с минеральными солями. Например, в авиации этиленгликоль используется в жидкостях, которыми обрабатывают самолеты против обледенения. В то же время взлетные полосы обрабатывают водно-солевыми растворами с целью предотвращения образования наледи и увеличения коэффициента сцепления колесного шасси с взлетно-посадочной полосой. Таким образом, сточные воды всех аэропортов содержат в своем составе электролиты и неэлектролиты [4].

Разработка методов выделения этиленгликоля из сточных вод является одной из важнейших задач аналитической химии, связанной с поиском путей повышения концентрации и разделения компонентов смесей [5–7].

Целью исследования является оценка текущего состояния загрязнения этиленгликолем в районе аэродромном, а также разработка рекомендаций по экологической реабилитации и мониторингу загрязнения. Работа включает в себя анализ существующих методов контроля за содержанием этиленгликоля в почве и водных ресурсов, а также оценку воздействия этого вещества на природу.

Данное исследование носит прикладной характер и будет проводиться в аэродромном хозяйстве ООО Международный аэродром Ярославля «Золотое Кольцо».

В ходе выполнения работы будут решаться следующие задачи:

- оценка загрязнения этиленгликолем, изучение данных о концентрациях этиленгликоля в различных компонентах окружающей среды (почва, вода, воздух) в окрестностях аэродрома;
- разработка и применения методов экологической реабилитации;
- исследование методов очистки загрязнения территории и снижения негативного воздействия этиленгликоля на экосистему;
- мониторинг эффективности реабилитационных мероприятий.

Практическая работа заключается в разработке и внедрении эффективных мер по снижению экологического риска связанного с использованием этиленгликоля в аэродромном хозяйстве, и может быть применена в других регионах с аналогичными проблемами.

Проведенный предварительный литературный анализ работ, посвященных экологической реабилитации мониторингу загрязнения этиленгликолем аэродромных хозяйств в РФ, выявил наличие локального загрязнения

окружающей среды этиленгликолем, связанного с обработкой воздушных судов антизамерзающими композициями.

Проблема утилизации этиленгликоля приобретает все большие масштабы. Поэтому необходимо разрабатывать новые подходы по его утилизации, основанные на современных малоотходных технологиях, позволяющих возвращать ценные компоненты в производственный цикл.

Кроме этого, обязательным мероприятием будет являться внедрение системы постоянного мониторинга концентрации этиленгликоля в почве, поверхностных и подземных водах для того, чтобы эффективно и своевременно проводить их реабилитацию.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Потапочкин В.В. Исследование динамической вязкости этиленгликоля // Вестник российских университетов. Математика. – 1999. – №1. – С. 113
2. Григорьев И.В. Экологическое состояние аэродромов России: проблемы и пути решения / И.В. Григорьев, А.Н. Сидорова // Экология и жизнь. – 2020. – №12(4). – С. 45–52.
3. Бонитенко Е.Ю. Отравление этиленгликолем и его эфирами // Medline.ru. – 2003. – Т. 4. – С. 292–429.
4. Соловьев А.Н. Этиленгликоль в окружающей среде: источники, последствия и меры по снижению воздействия / А.Н.Соловьев, М.Ю. Иванова // Экологические исследования. – 2023. – №9(1). – С. 88–95.
5. Исследование способов утилизации тосола, антифриза и масел / С.О. Дервянченко, А.С. Свиридов, И.В. Титова, В.В. Остриков // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2018. – С. 185–190.
6. Фролов С.П. Современные подходы к реабилитации загрязненных земель: зарубежный и российский опыт / С.П. Фролов, Л.В. Кузнецова // Экология и устойчивое развитие. – 2021. – №14(3). – С. 56–63.
7. Шевченко Е.В. Применение биоремедиации для очистки почвы от этиленгликоля / Е.В. Шевченко, Н.И. Сергеева // Научные исследования в экологии. – 2022. – №8(4) – С. 102–109.

БИОИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭВТРОФИКАЦИИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН

Сафиуллин Э.М., Насибов Т.Р., Ладыгина О.В.

Научный руководитель – **Ладыгина О.В.**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Биоинженерные технологии снижают нагрузку на водные экосистемы и способствуют устойчивому развитию городов. В статье изложен опыт Ярославской области по модернизации гидротехнических объектов и реконструкции берегов для улучшения экологического состояния водных ресурсов.

Ключевые слова: эвтрофикация, урбанизация, прибрежные зоны

BIOENGINEERING SOLUTIONS TO REDUCE EUTROPHICATION OF URBANIZED COASTAL AREAS

Safiullin E.M., Nasibov T.R., Ladygina O.V.

Scientific Supervisor – **Ladygina O.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

Bioengineering technologies reduce the load on aquatic ecosystems and contribute to sustainable urban development. The article presents the experience of the Yaroslavl region in modernizing hydraulic structures and reconstructing banks to improve the ecological state of water resources.

Keywords: eutrophication, urbanization, coastal zones

Ярославль, столица золотого кольца России, город с многовековой историей, расположенный на слиянии рек Волги и Которосли, сталкивается с растущей экологической нагрузкой на свои водные экосистемы. Активная урбанизация прибрежных территорий, включая строительство жилых комплексов и планируемые масштабные инфраструктурные проекты, неминуемо влекут за собой увеличение диффузного стока биогенных элементов – азота и фосфора – в речные экосистемы [1]. Это провоцирует эвтрофикацию, проявляющуюся в «цветении» воды, деградации биоразнообразия и росте затрат на водоочистку. В условиях, когда традиционные инженерные методы (бетонные укрепления, химическая очистка) демонстрируют ограниченную эффективность и высокую стоимость, биоинженерные решения становятся ключевым инструментом для устойчивого развития городской среды.

Современные исследования акцентируют внимание на применении биологических технологий водоочистки, включая биопруды, биоплато и фиторемедиационные площадки, для удаления широкого спектра загрязняющих веществ [2].

Для укрепления склонов и защиты от эрозии в зонах высокой антропогенной нагрузки, уместно использовать георешётки с растительным наполнением. Они представляют собой объёмные полимерные решётки, заполненные грунтом с произрастающими в них семенами многолетних трав.

Такое исполнение не только стабилизирует почву, но и создает условия для естественного восстановления растительности. Корни растений связывают грунт, а их надземная часть замедляет скорость стока, уменьшая вымывание биогенов [3].

Одной из наиболее перспективных технологий являются габионные конструкции с интегрированным биоплато. Эти конструкции сочетают инженерную надёжность и экологическую функциональность. Габионные корзины, заполненные камнем, укрепляют берега, предотвращая эрозию, а верхний слой с высшей водной растительностью, такой как рогоз и камыш и др., фильтруют стоки и предотвращают избыточное поступление азотных и фосфорных соединений в водоемы. Габионные очистные фильтрационные сооружения (ГОФС), интегрированные с биоплато, представляют собой инженерно-экологическую систему, предназначенную для обработки поверхностных сточных вод. К таковым относятся атмосферные осадки (дождевые и талые воды), а также техногенные стоки, формирующиеся в процессе эксплуатации транспортных магистралей (автомобильных и железнодорожных), площадных инфраструктурных объектов (автостоянок, логистических терминалов) [4]. Подобные системы могли бы быть интегрированы в проекты третьего моста через Волгу, где временные подъездные пути и стройплощадки создают риски загрязнения реки. Установка габионов с биоплато вдоль этих зон не только фильтровала бы стоки, но и укрепляла склоны, подверженные эрозии.

Другим сооружением, препятствующим избыточному поступлению биогенных элементов в водные системы, в частности реки, является русловое биоплато. Русловые биоплато представляют собой искусственно созданные участки водотоков, спроектированные для очистки поверхностных сточных вод за счет комбинации природных и инженерных механизмов. Основой их функционирования выступает регулируемый гидравлический режим, который обеспечивает оптимальные условия для развития высшей водной растительности. Растения, в свою очередь, формируют среду для жизнедеятельности бактерий, способных разлагать органические загрязнители и трансформировать их в неорганические соединения.

Конструктивно русловые биоплато имитируют естественные заболоченные ландшафты, однако отличаются наличием управляемых технологических элементов. Система контроля скорости потока воды позволяет замедлить движение стоков, что способствует седиментации взвешенных частиц и сорбции поллютантов на донных отложениях [5].

Ключевым преимуществом таких сооружений является их энергоэффективность. Аэрация воды происходит преимущественно естественным путем: кислород поступает через корневые системы растений и диффузионные процессы на границе воды и атмосферы. Это минимизирует необходимость использования насосного оборудования, снижая эксплуатационные расходы. Кроме того, русловые биоплато отличаются низкой себестоимостью строительства за счет применения местных материалов — щебня, песка и растительных субстратов.

Для повсеместного внедрения биоинженерных технологий необходима разработка стимулирующей нормативной базы. Которая может включать:

- Введение обязательных требований к использованию фиторемедиации в водоохраных зонах.

- Создание экономических стимулов для застройщиков, применяющих природоподобные решения при реализации проектов (снижение арендной платы или налоговые льготы).

- Организацию пилотных проектов ревитализации набережной с заменой бетонных укреплений на ФОГС.

Основные сложности внедрения биоинженерных решений в Российской Федерации:

1. Климатические ограничения. Сезонные колебания температуры

2. Короткий вегетационный период

3. Технические и инфраструктурные сложности. Необходимость адаптации под местные условия (грунтовые воды, скорость течения)

Внедрение биоинженерных технологий в систему водоохраных мероприятий способствует не только минимизации антропогенной нагрузки на водные экосистемы, но и формированию базы для реализации принципов устойчивого развития городской среды. Практические результаты, полученные в ходе модернизации гидротехнических сооружений и реконструкции прибрежных зон Ярославля, могут быть адаптированы для применения в других регионах, что расширит возможности межрегионального обмена опытом в области экологической инженерии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Клубов С.М. Сток биогенных элементов и загрязняющих веществ с городских водосборов / С.М. Клубов, В.Ю. Третьяков // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2022. - №3. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stok-biogennyh-elementov-i-zagryaznyayuschih-veschestv-s-gorodskih-vodosborov> (дата обращения: 06.04.2025).

2. Брешиани Р. Фитоочистка как инновационный метод водоочистки // Вестник МГСУ. – 2019. - №7 (130). - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitoochistka-kak-innovatsionnyy-metod-vodoochistki> (дата обращения: 06.04.2025).

3. Баранов Е.В. Применение объемных полимерных георешеток в укреплении откосов подпорных грунтовых гидротехнических сооружений / Е.В. Баранов, А.П. Гурьев, Н.В. Ханов // Природообустройство. – 2015. – №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-obemnyh-polimernyh-georeshetok-v-ukreplenii-otkosov-podpornyh-gruntovyh-gidrotehnicheskikh-sooruzheniy> (дата обращения: 06.04.2025).

4. Бухгалтер Э.Б. Габсионные конструкции: экологические и технологические применения в газовой промышленности // Территория Нефтегаз. – 2012. - №9. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gabionnye-konstruktsii-ekologicheskie-i-tehnologicheskie-primeneniya-v-gazovoy-promyshlennosti> (дата обращения: 06.04.2025).

5. Ягодкин Ф. И., Вильсон Е. В., Долженко Л. А., Романенко Е. Ю. Теоретические исследования целесообразности использования «Биоплато» для обезжелезивания шахтных вод // Юг России: экология, развитие. 2017. - №2. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-issledovaniya-tselesoobraznosti-ispolzovaniya-bioplato-dlya-obezzhelezivaniya-shahtnyh-vod> (дата обращения: 06.04.2025).

МЕТОД КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ИНФРАСТРУКТУРНОГО КОМПЛЕКСА В МАЛЫХ ГОРОДАХ

Шилов В.А., Ладыгина О.В.

Научный руководитель – **Ладыгина О.В.**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

Методика картографического моделирования сценариев экологической безопасности эффективно обрабатывает большие данные, повышает точность инженерных исследований и пригодна для подготовки проектной документации, обеспечивая повышение экологической устойчивости малых городов.

Ключевые слова: метод картографического моделирования, урбанизация, геоэкология

METHOD OF CARTOGRAPHIC MODELING OF GEOECOLOGICAL TRANSFORMATION OF INFRASTRUCTURE COMPLEX IN SMALL TOWNS

Shilov V.A., Ladygina O.V.

Scientific Supervisor – **Ladygina O.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

The methodology of cartographic modeling of environmental safety scenarios effectively processes big data, increases the accuracy of engineering research and is suitable for the preparation of design documentation, ensuring increased environmental sustainability of small towns.

Keywords: method of cartographic modeling, urban, geoecology

В соответствии с национальными приоритетами развития инфраструктурного комплекса и обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации особую актуальность приобретает экологический мониторинг малых городов. На этих территориях относительно прошлых лет темпы урбанизации кратно увеличились и сопрягаются с высокой антропогенной и рекреационной нагрузкой на природные экосистемы. Ведётся масштабная перестройка городского ландшафта и формирование комфортной городской среды за счёт реновации и реконструкции районов. Урбанизированные территории рассматриваются как сложные пространственные системы с внутренней структурой, основанной на функциональных, материальных и морфологических взаимосвязях, находящихся под воздействием аналогичных систем [1-3]. Совокупность данных процессов стимулирует социально-экономические преобразования, развитие внутреннего туризма. При отсутствии комплексного экологического мониторинга градостроительные изменения, воздействующие на

геологические, гидрографические и геоморфологические параметры территорий, становятся индикаторами нарушения природного равновесия и требуют углублённого геоэкологического анализа.

В представленной работе разработана методика оценки геоэкологической трансформации малых городов на основе обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в геоинформационных системах (ГИС) [2, 4]. Метод включает следующие этапы: сбор исходных данных, обработка и моделирование в среде ГИС, количественная оценка изменений, математическое и информационное моделирование и камеральный анализ результатов (рис. 1). С использованием многоканальных спутниковых снимков Landsat за период 1985–2024 гг. (произведен отбор 6 безоблачных летних сцен) и цифровой модели высот (ЦМВ) Copernicus Global DSM 30 выполняется моделирование процессов сокращения площади водных объектов, лесостарниковой растительности (ЛКР) и высотных характеристик рельефа.

Применяя данную модель на территорию города Углич видно, что по результатам математического анализа индекса NDWI суммарная площадь водных объектов сократилась примерно на 3,9%, произошло повышение высотных отметок рельефа – до 17,3 м, а также оседание в прибрежных зонах до 4,6 м.



Рис. 1. Метод картографического моделирования геоэкологической трансформации малого города в ГИС

Оценка состояния ЛКР по индексу NDVI классифицируется как удовлетворительная, с преобладанием разреженного растительного покрова. Выдвинута гипотеза - ключевым фактором деградации водных и прибрежных

экосистем является неорганизованный поверхностный сток. Отток дождевых и талых вод способствует переносу загрязняющих веществ — ТКО, строительного мусора, нефтепродуктов и противогололёдных материалов — в водоёмы, что приводит к заиливанию дна, ухудшению качества воды и нарушению гидрологических процессов. Дополнительную нагрузку создают процессы нового строительства и реконструкции, сопровождающиеся изменением микрорельефа и микроклиматических условий [5].

На основании вышеизложенного, предлагаются три сценария обеспечения экологической безопасности, отражающих различные уровни принятия решений и инструментов мониторинга.

Первый сценарий направлен на регулярный мультииндексный мониторинг состояния прибрежных экосистем за счёт обработки ДЗЗ в ГИС. Ежемесячный расчёт NDVI, NDWI и LST по спутниковым снимкам Landsat сопоставляется с приёмом наземных метеоданных (температура воздуха, количество осадков, относительная влажность). При отклонении ключевых индексов от установленных нормативных порогов ($NDVI < 0,2$; $NDWI < 0,3$; $LST > 30$ °C) требуется проведение природоохранных мероприятий.

Второй сценарий объединяет пространственно-временные модели уязвимости, построенные на основе цифровой модели рельефа и статистического анализа климатических изменений. При таком подходе формируются «геоэкологические анклав» — полигоны с высокой степенью фрагментации растительного покрова (NDVI) и сниженным водным индексом (NDWI). Для смягчения эрозионных и гидродинамических нагрузок объектам присваивается статус «рисковой зоны», что активизирует превентивные фитомелиоративные мероприятия.

Третий сценарий является прогностическим и основан на методах машинного обучения и цифровых двойниках городской территории. Системное объединение пространственных и временных рядов NDVI, NDWI, LST, данных о поверхностном стоке и городской инфраструктуре создаёт многослойный «модельный город», в котором отрабатываются аварийные ситуации: резкий подъём или спад уровня воды, выпадение осадков ниже или сверх нормы или продолжительная засуха. На основе данных картографического моделирования выпускаются рекомендации по регулированию сбросов на гидроузлах, оперативному распределению ресурсов и оповещению населения через цифровую панель управления.

Разработанная методика картографического моделирования сценариев экологической безопасности тесно связана с обработкой больших многомерных данных и обеспечивает высокую точность инженерных экологических изысканий и может быть использована при подготовке предпроектной и проектно-сметной документации. Это создаёт надёжную основу для повышения экологической устойчивости малых городов и эффективного природообустройства их территорий в современной практике градостроительной деятельности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гогоберидзе Г.Г. Методика комплексной оценки устойчивости береговых эко-социально-экономических систем на основе индикаторного подхода / Г.Г. Гогоберидзе, Р.Д. Косьян, Е.А. Румянцева // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2020. - № 3. - С. 122–141. – DOI: 10.22449/2413-5577-2020-3-122-141.
2. Комаров А.А. Оценка состояния травостоя с помощью вегетационного индекса NDVI // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. - №. 2 (51). – 2018. - С. 124-129. - DOI:10.24411/2078-1318-2018-121243.
3. Козеева О.О. ГИС экологического мониторинга в городской среде // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2024. - № 1 (118). - С. 18–28.
4. Hydrological Impacts of Global Land Cover Change and Human Water Use / J.H.C. Bosmans, L.P.H. van Beek, E.H. Sutanudjaja, M.F.P. Bierkens // Hydrology and Earth System Sciences. – 2017. - Vol. 21. - P. 5603–5626. - DOI: 10.5194/hess-21-5603-2017.
5. Гиясова И.В. Влияние урбанизации на микроклимат города // Инженерный вестник Дона. – 2021. - № 2 (74). - С. 201–21.